ANNEX
LIBRARY
B
086087

RHEINHARD'S
INGENIEURKALENDER
FÜR
STRASSEN- & WASSERBAU-
UND
CULTUR-INGENIEURE.
1893.

Digitized by Google

dieser Ta ch Muster-
ufstrich ngen der

ANNEX
LIBRARY
B
086087

Fng.
K
TD
51
K14
5. Jahrg.
898

Cornell University Library
Ithaca, New York

THE LIBRARY OF
EMIL KUICHLING, C. E.
ROCHESTER, NEW YORK

THE GIFT OF
SARAH L. KUICHLING
1919

osenzweig & Baumann,
Kassel.

Digitized by Google

CORNELL UNIVERSITY LIBRARY

3 1924 070 542 885

Digitized by Google

Gleise, Weichen, Drehscheiben, Spezial-Wagen für Wege-, Wasser- u. Canalbauten.

Moorbahnen. Feldbahnen. Industriebahnen.

Lieferung von Ersatztheilen für vorhandene Bahnen.

Hörder Bergwerks- u. Hütten-Verein.
Abtheilung:
Feste und transportable Schmalspurbahnen.
vertreten durch:
Glässing & Schollwer
Berlin, W. 35. Schöneberger Ufer 32.
Prospecte u. Kostenanschläge gratis!

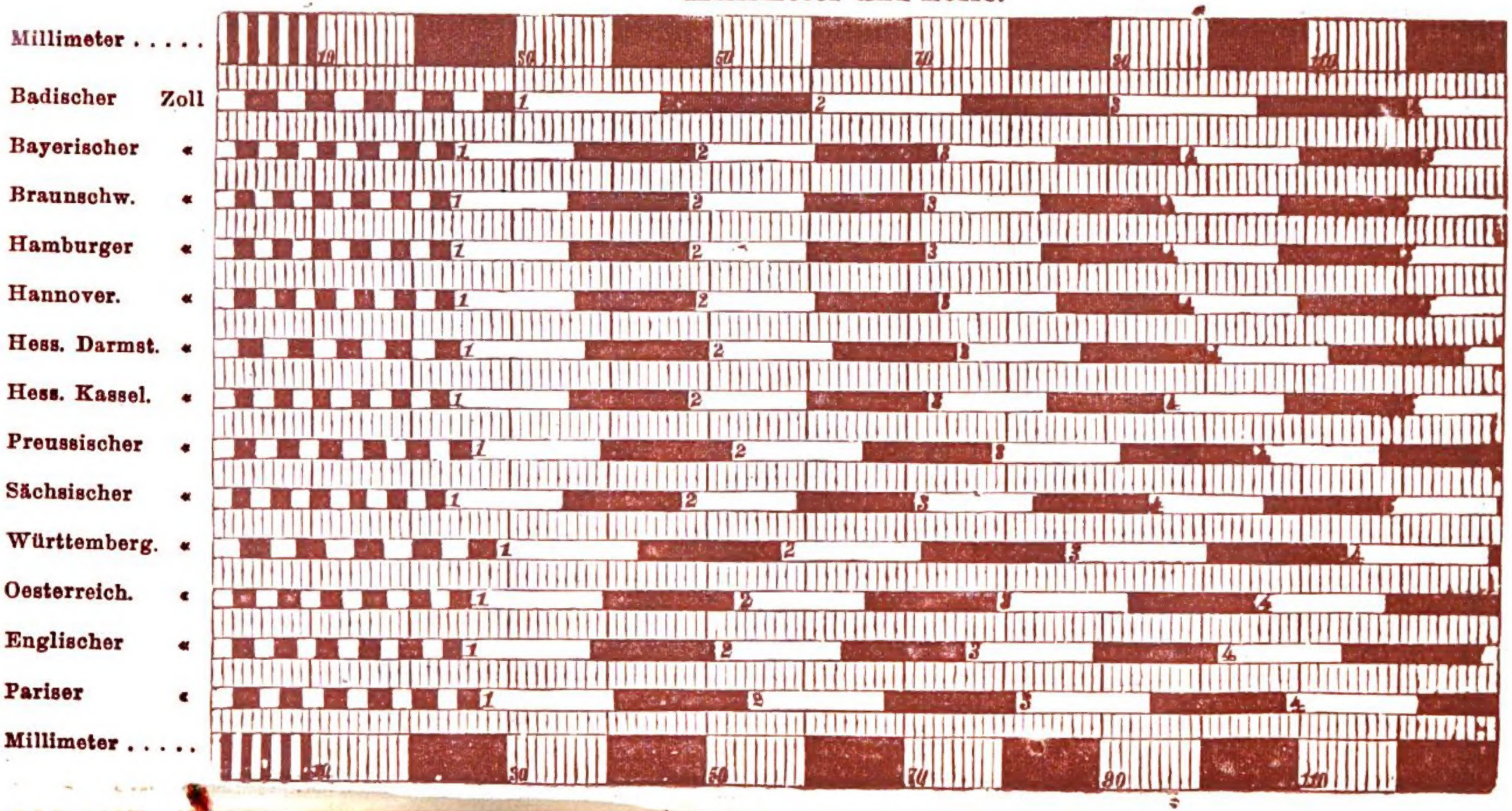
Lieferung von Ersatztheilen für vorhandene Bahnen.

Lieferung vollständiger Bahnanlagen, mit dem gesammten liegenden und rollenden Material, auch für Locomotivbetrieb.

Bremsberganlagen. Hängebahnen.

Digitized by Google

Millimeter und Zolle.



Digitized by Google

Kalender

für

Strassen- & Wasserbau- und Cultur-Ingenieure.

Begründet von

A. Rheinhard.

Neu bearbeitet unter Mitwirkung von Fachgenossen

von

R. Scheck,

Königl. Wasser-Bauinspector in Frankfurt a. d. Oder.

Fünfundzwanzigster Jahrgang.

1898.

Nebst drei Beilagen,
wovon Beilage I im geb. Theil eingehängt ist,
einer neuen Eisenbahnkarte in Farbendruck und
zahlreichen Abbildungen im Text.

WIESBADEN.

Verlag von J. F. Bergmann.

Digitized by Google

33324

153

Digitized by Google

VORWORT.

Der Jahrgang 1898 des Kalenders hat in dem Kapitel Wasserbau eine Ergänzung für die Stauformeln und städtischen Kläranlagen neben verschiedenen bei der Durchsicht sich ergebenden Aenderungen erhalten; in dem Kapitel Feldeisenbahnen sind die elektrisch betriebenen Bahnen neu erwähnt. Ausserdem wurden die Kapitel Brückenbau, Maschinenbau, Elektrotechnik und Neben- u. Kleinbahnen neu bearbeitet bezw. durch Ergänzungen auf Grund der inzwischen gemachten Erfahrungen in nicht unerheblicher Weise stofflich erweitert.

Mit dem Danke an die Fachgenossen, welche durch Mittheilungen mich freundlichst unterstützten, verbinde ich die Bitte, die Wünsche bezüglich des Kalenderinhaltes gefälligst möglichst frühzeitig übermitteln zu wollen. Bei dem Umfange des zu bearbeitenden Stoffes müssen einzelne Kapitel bereits in der ersten Jahreshälfte druckfertig hergestellt werden, um das rechtzeitige Erscheinen des Kalenders zu ermöglichen.

Frankfurt a. O., im Herbst 1897.

R. Scheck.

Digitized by Google

Digitized by Google

INHALT.

Schreib- und Termin-Kalender. — Notizen über den Verkehr mit der Post und Telegraphie. — Zeitvergleichung. — Kalendarium mit einer Chronik des Ingenieur- und Eisenbahnwesens. — Projectirpapier. — Eisenbahnkarte.

Seite

I. Mathematik 1
II. Vierstellige Logarithmentafel 6
III. Quadrate, Cuben, Quadrat- und Cubikwurzeln . . 11
IV. Kreisumfänge und Kreisinhalte 20
V. Tafel der Bogenlängen (alte Theilung) für den Halbmesser = 1 21
VI. Tafel der Sehnen und Bogenhöhen für den Halbmesser = 1 22
VII. Tafel der trigonometrischen Zahlen 23
VIII. Maass- und Gewichtstafeln 25
A. Das metrische Maass. B. Maasse u. Gewichte verschiedener Länder im Vergleiche mit dem Metersystem. C. Aeltere preussische Maasse und Gewichte. D. Aeltere österreichische Maasse und Gewichte. E. Englische Maasse und Gewichte 25—29
IX. Gewichtstafeln für Walzeisen 30
A. Band- und Flacheisen. B. Quadrat- und Rundeisen. . . . 30
C. Deutsche Normalprofile für Walzeisen 31
I. ⌶-Eisen, II. ⊏-Eisen, III. ⅂-Eisen, IV. Gleichschenkelige Winkeleisen, V. Ungleichschenkl. Winkeleisen, VI. ⊥-Eisen, VII. Quadranteisen, VIII. Belag- (sog. Zores-) Eisen . . 32—36
X. Gewichtstafeln für Metall-Platten 37
A. Gerade Platten u. Bleche. B. Wellenbleche. C. Buckelplatten 38
XI. Gewichtstafeln für Ketten und Drahtseile 39
A. Hanfseile, Drahtseile, Ketten. B. Kurzgliederige Schiffs- und Krahnenketten. C. Drahtseile aus Gussstahl 39
XII. Gewichtstafeln u. s. w. für gusseiserne Röhren . . . 40
A. Normaltafel. B. Gewichtstafel für gusseiserne Rohr-Formstücke. C. Trägheits- und Widerstandsmomente ringförmiger Querschnitte . . . . . 40—43
XIII. Cubiktafel für Rund- und Kanthölzer 44
XIV. Wärme. Thermometerskalen. Tafel über die Längenausdehnung verschiedener Körper bei der Wärmezunahme von 0 bis 100 Grad C. Tabelle über die specifische Wärme verschiedener Körper. Längen-Schwindmaass der Metalle. Schwinden des Holzes nach „Engineering“ in Procenten . . . . . 44—45

XXV. Rheinhard's Kalender 1898. Gebundener Theil.

Digitized by Google

Seite

XV. Tafeln der Raumgewichte . . . . . .
A. Feste Körper B. Geschichtete Körper einschl. Zwischenräume. C. Flüssige Körper. D. Spezifische Gewichte der gasförmigen Körper . . . . . 45—46
XVI. Tafel der mittleren Erdgewichte und des natürlichen Böschungswinkels ϱ 47
XVII. Tafel der zulässigen Beanspruchung bei der Berliner Baupolizei 47
XVIII. Lohntafeln 48
XIX. Zum Handgebrauch 54
I. Einige Angaben aus dem Hochbau. II. Bedarf an Mauer-Materialien. III. Materialbedarf von Zimmerarbeiten in Gebäuden. IV. Einige Preisangaben aus dem Hochbau. V. Einige Angaben aus dem Tiefbau. VI. Einige Angaben aus dem Strassenbau . . . . . 54—64
XX. Die Monierbauten 66
XXI. Gezeitentafeln für die Nordseeküste pro 1898 . . 68
XXII. Münz-Vergleichungs-Tabelle 72
XXIII. Länder-Statistik 73
XXIV. Verzeichniss der Bahnen des Vereins Deutscher Eisenbahnverwaltungen (zu der Karte gehörig) . . . 74

Beilage.

I. Theil.

I. Hydraulik.
II a. Anleitung zur Berechnung der (mitteleuropäischen) Quellen- und Stromabflussmengen aus der Regenmenge, Grösse und Beschaffenheit der Quellen- und Flussgebiete.
II b. Die grössten Wassermengen.
III. Wasserbau.

II. Theil.

IV. Mechanik.
V. Vermessungswesen.
VI. Tafeln.
VII. Tafel zum Uebergang von der alten Kreistheilung in die neue
VIII. Tafel zum Uebergang von der neuen Kreistheilung in die alte.
IX. Culturtechnik.
X. Höhenlage der Meere.
XI. Geographische Coordinaten.
XII. Technische Vorarbeiten bei Landesmeliorationen in Preussen.
XIII. Strassenbau.

III. Theil.

XIV. Stütz- und Futtermauern.
XV. Ueber Gründungen.
XVI. Brückenbau.
XVII. Maschinenbau.
XVIII. Notizen über Grunderwerb und Nutzungs-Entschädigung.

Digitized by Google

XIX. Neben- und Kleinbahnen.
XX. Strassenbahnen.
XXI. Feldeisenbahnen.
XXII. Lehr- und Arbeitsgerüste.
XXIII. Elektrotechnik.

Gesetze und Normen.

I. Normen für einheitliche Lieferung und Prüfung von Portland-Cement.
II. Auszug aus der Bahnordnung für die Neben-Eisenbahnen Deutschlands.
III. Circularerlass des preuss. Ministeriums der öffentlichen Arbeiten, betr. die Mitbenutzung öffentlicher Wege zur Anlage von Eisenbahnen untergeordneter Bedeutung.
IV. Auszug aus dem Gesetze über Kleinbahnen und Privatanschlussbahnen.
V. Honorarnormen für Architecten und Ingenieure.
Bezugsquellenliste.
Inserate.

Anzeigen. — Beilagen von *Carl Schleicher & Schüll*, Papierfabrik in Düren, *Rosenzweig & Baumann*, Farbenfabrik in Kassel.

I. Mathematik.

1. Arithmetik.

$$(a+b)\,(a-b) = a^2 - b^2$$

$$(a \pm b)^2 = a^2 \pm 2ab + b^2$$

$$(a \pm b)^n = a^n \pm a^{n-1}b \,.+ \frac{n\,(n-1)}{1\,.\,2}\, a^{n-2}b^2 \pm \frac{n\,(n-1)\,(n-2)}{1\,.\,2\,.\,3}\, a^{n-3}b^3 +$$

$$\left.\begin{aligned} \sin x &= x - \frac{x^3}{1\,.\,2\,.\,3} + \frac{x^5}{1\,.\,2\,.\,3\,.\,4\,.\,5} - + \,. \\ \cos x &= 1 - \frac{x^2}{1\,.\,2} + \frac{x^4}{1\,.\,2\,.\,3\,.\,4} - + \,. \,. \end{aligned}\right\} \quad x = \frac{x^0}{\varrho^0} = \frac{x'}{\varrho'} = \frac{x''}{\varrho''}.$$

$$l\,(1 \pm x) = \pm x - \frac{x^2}{2} \pm \frac{x^3}{3} - \frac{x^4}{4}.$$

Arithmetische Reihe. Sind $a_1\ a_2\ a_3 \ldots a_n$ die Glieder einer arithmetischen Reihe, $b_1\ b_2 \ldots b_n - 1$ ihre erste, $c_1\ c_2 \ldots c_n - 2$ ihre zweite Differenzreihe, so ist die Summe

$$\Sigma = n\,.\,a_1 + \frac{n\,(n-1)}{1\,.\,2}\, b_1 + \frac{n\,(n-1)\,(n-2)}{1\,.\,2\,.\,3}\, c_1 + \ldots$$

Die höhere arithmetische Zahlenreihe $y_0,\ y_1,\ y_2 \ldots\ldots$ hat als Reihe der ersten Differenzen: $\triangle y_0 = y_1 - y_0,\ \triangle y_1 = y_2 - y_1 \ldots\ldots$ als Reihe der zweiten Differenzen: $\triangle^2 y_0 = \triangle y_1 - \triangle y_0,\ \triangle^2 y_1 = \triangle y_2 - \triangle y^1$ $\ldots\ldots$ u. s. f. Ist k eine beliebige ganze oder gebrochene Zahl, so ist allgemein

$$y_{n+k} = y_n + \binom{k}{1} \triangle y_n + \binom{k}{2} \triangle^2 y_n + \binom{k}{3} \triangle^3 y_n + \ldots, \text{ wobei}$$

$$\binom{k}{r} = \frac{k\,.\,(k-1)\,.\,(k-2)\ldots(k-r+1)}{1.\quad 2.\quad 3\ldots\quad r}.$$

Geometrische Reihe

$$\Sigma\,(a + ax + ax^2 + \ldots\, ax^n) = \frac{ax^{n+1} - a}{x - 1}.$$

Zinseszinsrechnung. Ist A der Anfangswerth, E der Endwerth eines Kapitals nach n Jahren, p der Zinsfuss so ist

$$E = A\left(1 + \frac{p}{100}^n\right).$$

Rentenrechnung. Ist jährliche Rente a zu Anfang des Jahres zahlbar, so ist

$$E = a\left(1 + \frac{p}{100}\right)\left[\left(1 + \frac{p}{100}\right)^n - 1\right]\frac{100}{p}.$$

Ist die jährliche Rente a am Ende des Jahres zahlbar, zuletzt am Ende des nten Jahres, so ist

$$E = a\left[\left(1 + \frac{p}{100}\right)^n - 1\right]\frac{100}{p}.$$

Quadratische Gleichung. Ist $x^2 + ax = b$, dann ist

$$x = -\frac{a}{2} \pm \sqrt{b + \frac{a^2}{4}}.$$

Digitized by Google

Kubische Gleichung. $x^3 + ax^2 + bx + c = 0$.

Setzt man $x = y - \frac{a}{3}$, so ergiebt sich eine Gleichung von der Form $y^3 = 3py + 2q$.

Nach der Cardani'schen Formel ist dann

$$y = \sqrt[3]{q + \sqrt{q^2 - p^3}} + \sqrt[3]{q - \sqrt{q^2 - p^3}}$$

Ergiebt sich hierbei kein reeller Wurzelwerth, dann setzt man $y = 2\sqrt{p} \cdot \sin \varphi$, worin

$$\sin 3\varphi = \frac{-q}{\sqrt{p^3}}.$$

Ist $\pm w$ eine gefundene reelle Wurzel, so ist die Gleichung durch $x \mp w$ theilbar und es ergiebt sich eine quadratische Gleichung.

Auflösung von numerischen Gleichungen durch Näherung.

a. Newton's Methode: Schnittpunkt der Functionscurve mit der x-Axe ersetzt durch den Schnittpunkt der Curven-Tangente in einem benachbarten Punkt. Die gegebene Gleichung sei $F(x) = 0$, α ein Näherungswerth der gesuchten Wurzel, $(\alpha + h)$ der verbesserte Werth, so wird, mit $F'(x) = \frac{dF(x)}{dx}$, die Correction

$$h = -\frac{F(\alpha)}{F'(\alpha)}.$$

b. Regula falsi: Schnittpunkt der Functionscurve mit der x-Axe ersetzt durch den Schnittpunkt der Sehne zwischen zwei benachbarten Curvenpunkten zu beiden Seiten der x-Axe. Es seien α und α' zwei Näherungswerthe, zwischen denen die gesuchte Wurzel der gegebenen Gleichung $F(x) = 0$ enthalten ist, so ist die an α anzubringende Correction

$$h = \frac{(\alpha' - \alpha) F(\alpha)}{F(\alpha) - F(\alpha')}.$$

2. Trigonometrie.

Dreieck. Sind a, b, c die Seiten, α, β, γ die gegenüberliegenden Winkel, F der Flächeninhalt und wird $\frac{a + b + c}{2} = s$ gesetzt, so gelten folgende Beziehungen:

$$a^2 + b^2 - 2ab \cdot \cos \gamma = c^2$$

$$a : b : c = \sin \alpha : \sin \beta : \sin \gamma.$$

$$\frac{a + b}{a - b} = \operatorname{tg} \frac{\alpha + \beta}{2} : \operatorname{tg} \frac{\alpha - \beta}{2}$$

$$\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \sqrt{\frac{(s - b)(s - c)}{s(s - a)}}$$

$$(a + b) \sin \frac{\gamma}{2} = c \cos \frac{\alpha - \beta}{2}$$

$$(a - b) \cos \frac{\gamma}{2} = c \sin \frac{\alpha - \beta}{2}$$

$$F = \frac{1}{2} ab \sin \gamma = \frac{a^2 \sin \beta \cdot \sin \gamma}{2 \sin \alpha} = \sqrt{s(s - a)(s - b)(s - c)}.$$

Regelmässige Vielecke.

Ist a die Seite, n die Anzahl der Seiten, R der Radius des umschriebenen Kreises, F der Flächeninhalt, so gilt:

$$F = \frac{n}{4} a^2 \cdot \operatorname{cotg} \frac{\pi}{n} = \frac{n}{2} R^2 \cdot \sin \frac{2\pi}{n};$$

$$a = 2R \sin \frac{\pi}{n}.$$

Digitized by Google

n	Flächeninhalt F =	Seitenlänge a
3	$0{,}4330 \cdot a^2 = 1{,}2990 \cdot R^2$	$1{,}7321 \cdot R$
4	$1{,}0000 \cdot a^2 = 2{,}0000 \cdot R^2$	$1{,}4142 \cdot R$
6	$2{,}5981 \cdot a^2 = 2{,}5981 \cdot R^2$	$1{,}0000 \cdot R$
8	$4{,}8284 \cdot a^2 = 2{,}8284 \cdot R^2$	$0{,}7654 \cdot R$
12	$11{,}1962 \cdot a^2 = 3{,}0000 \cdot R^2$	$0{,}5176 \cdot R$
16	$20{,}1094 \cdot a^2 = 3{,}0615 \cdot R^2$	$0{,}3902 \cdot R$

3. Geometrie.

Kreis vom Halbmesser r hat den Umfang $2r\pi$ und die Fläche $r^2\pi$
$\pi = 3{,}141592654$, $\log \pi = 0{,}4971499$, $\log 2\pi = 0{,}79818$.

Kreisbogen mit dem Centriwinkel α hat die Länge $\frac{r \cdot \alpha}{\varrho}$, wobei $\varrho = \frac{180}{\pi} = \frac{180 \cdot 60}{\pi} = \frac{180 \cdot 60 \cdot 60}{\pi}$, je nachdem α in Graden, Minuten oder Secunden nach alter Theilung angegeben ist.

$$\varrho^0 = \frac{180}{\pi} = 57{,}296^0 \qquad \log \varrho^0 = 1{,}75812.$$

$$\varrho' = \frac{180 \cdot 60}{\pi} = 3437{,}75' \qquad \log \varrho' = 3{,}53627.$$

$$\varrho'' = \frac{180 \cdot 60 \cdot 60}{\pi} = 206265'' \qquad \log \varrho'' = 5{,}31443.$$

Die **Pfeilhöhe** h eines flachen Bogens mit der Sehne s ist angenähert $= \frac{s^2}{8 \cdot r}$.

Kreisausschnitt vom Centriwinkel α^0: $F = \frac{\alpha}{360}\, r^2\pi$.

Kreisabschnitt vom Centriwinkel α^0:

$$F = \left(\frac{\alpha}{180}\,\pi - \sin\alpha\right)\frac{r^2}{2}.$$

Parabelfläche mit der Sehne s und der Bogenhöhe h: $F = \frac{2}{3}\, s\, h$.

Ellipse mit den Halbaxen a und b hat die Fläche $a \cdot b \cdot \pi$ und den Umfang $(a + b)\,\pi \left[1 + \frac{1}{4}\left(\frac{a-b}{a+b}\right)^2 + \frac{1}{64}\left(\frac{a-b}{a+b}\right)^4 + \ldots\right]$.

4. Stereometrie.

Es bezeichnet J den körperlichen Inhalt, F bezw. O die Inhalte ebener bezw. gekrümmter Flächen, r den Halbmesser des Kreises, h die Höhe des Körpers, U Umfang der Grundfläche.

Prisma $J = Fh$. $O = Uh$.

Schief abgeschnittenes, dreiseitiges Prisma mit den Seiten a, b u. c: $J = F\,\frac{a+b+c}{3}$.

Prismatoid (F und f die parallelen Endflächen, C der Querschnitt in mittlerer Höhe parallel den Endflächen) $J = \frac{h}{6}\,(F + 4\,C + f)$.

Cylinder $J = r^2\pi h$; $O = 2\pi rh$.

Beim schief abgeschnittenen Cylinder ist für h die mittlere Höhe zu nehmen.

Digitized by Google

Pyramide $J = \frac{1}{3} Fh$.

Abgestumpfte Pyramide (h der Abstand der parallelen Endflächen F und f) $J = \frac{h}{3}(F + \sqrt{F \cdot f} + f)$.

Kegel $J = \frac{1}{3} r^2 \pi h$; $O = \pi r \sqrt{r^2 + h^2}$.

Abgestumpfter Kegel (R und r die Halbmesser der Endflächen) $J = \frac{\pi h}{3}(R^2 + Rr + r^2)$.

Obelisk (a und b bezw. c und d die Seiten der parallelen Endflächen) $J = \frac{h}{6}\left[(2a + c)\, b + (a + 2c)d\right]$.

Kugel $J = \frac{4}{3} r^3 \pi$; $O = 4r^2 \pi$.

Kugelabschnitt (ϱ Halbmesser der Schnittfläche)

$$J = \frac{1}{6} \pi h(3\varrho^2 + h^2) = \frac{1}{3} \pi h^2(3r - h); \quad O = 2\pi rh.$$

Kugelzone (a und b die Halbmesser der Endflächen)

$$J = \frac{\pi h}{2}\left(a^2 + b^2 + \frac{h^2}{3}\right); \quad O = 2\pi rh.$$

Kugelausschnitt (h die Höhe der Kugelhaube) $J = \frac{2}{3} r^2 \pi h$.

Concentrisches Kugelgewölbe mit lichter Weite 2c, Höhe h und Dicke d:

$$J = \pi \cdot h \cdot d\left(\frac{c^2}{h} + h + 2d + \frac{2d^2}{3 \cdot r}\right).$$

Umdrehungsparaboloid im Abstand h vom Scheitel rechtwinklig abgeschnitten, so dass der Halbmesser des Schnittkreises = a ist, hat den Inhalt $J = \frac{a^2 \pi \cdot h}{2}$. Eine Zone mit den Schnitthalbmessern a und b, Höhe h hat den Inhalt $J = \frac{a^2 + b^2}{2} \cdot \pi \cdot h$.

Umdrehungsellipsoid mit Drehaxe a und Aequatoraxe b hat den Inhalt $\frac{4}{3} \pi a b^2$. Das dreiaxige Ellipsoid mit den Axen a, b, c dagegen $J = \frac{4}{3} \pi \cdot a \cdot b \cdot c$.

Inhalt eines Fasses

(wenn h die Höhe, R der Halbmesser der Mitte, r der der Enden und die Dauben nach einer Parabel geformt sind)

$$J = \frac{\pi h}{15}(8\, R^2 + 4\, Rr + 3\, r^2).$$

Wegrampe (Neigung der Rampe 1 : m, Böschungsneigung des Dammes und der Rampe 1 : n, b Breite der Rampe)

$$J = \frac{h^2}{6}\left[3b + 2hn\left(1 - \frac{n}{m}\right)\right](m - n).$$

Simpson'sche Regel für Flächen und Körper. Unregelmässige Körper oder Flächen zerlegt man in 2n gleich grosse Abschnitte von der Höhe a, sind b_0, b_1, b_2 . . . b_{2n} die betreffenden Flächeninhalte oder Höhen, dann ist

$$J \text{ bezw. } F = \frac{a}{3}\Big[b_0 + b_{2n} + 4(b_1 + b_3 + \ldots b_{2n-1}) + 2(b_2 + b_4 + \ldots b_{2n-2})\Big].$$

Guldin'sche Regel. Inhalt der Umdrehungsfläche, entstanden durch Drehung der Linie l um eine Axe, ist Länge der Linie × Weg ihres Schwerpunktes. Ist φ der Drehungswinkel, ϱ Abstand des Schwerpunktes von der Drehaxe, dann ist: $O = \varphi \varrho l$, bei voller Umdrehung: $O = 2\varrho\pi l$.

Inhalt des Umdrehungskörpers, entstanden durch Drehung der Fläche F um eine Axe, ist Fläche × Weg ihres Schwerpunktes:

$J = \varphi \varrho F$, bei voller Umdrehung $J = 2\varrho\pi \cdot F$.

5. Methode der kleinsten Quadrate.

Arithmetisches Mittel und mittlerer Fehler.

Wenn n gleich genaue Beobachtungen A zur Bestimmung einer Unbekannten vorliegen, so ist deren wahrscheinlichster Werth das einfache arithmetische Mittel:

$$x = \frac{[A]}{n}.$$

Aus den n Differenzen $\delta = x - A$ berechnet man den mittleren Fehler m einer einzelnen Beobachtung und den mittleren Fehler M des arithmetischen Mittels aus folgenden Gleichungen:

$$m = \sqrt{\frac{[\delta\,\delta]}{n-1}}, \qquad M = \frac{m}{\sqrt{n}} = \sqrt{\frac{[\delta\,\delta]}{n(n-1)}}.$$

Wenn zwei Beobachtungen vorliegen, welche um den Werth d von einander abweichen, so ist der mittlere Fehler einer Beobachtung:

$$m = \frac{d}{\sqrt{2}} = 0{,}707\ d$$

und der mittlere Fehler des Mittels selbst:

$$M = \frac{d}{2} = 0{,}5\ d.$$

Wenn zwei Grössen mit den mittleren zu fürchtenden Fehlern m_1 und m_2 gemessen sind, so ist der mittlere Fehler M ihrer Summe oder Differenz:

$$M = \sqrt{m_1^2 + m_2^2}.$$

Wenn m_1 m_2 m_3 die mittleren Fehler der Grössen x, y, z .... sind, so ist der mittlere Fehler M der Function $a\,x + b\,y + c\,z + \ldots$

$$M = \sqrt{(a\,m_1)^2 + (b\,m_2)^2 + (c\,m_3)^2 + \ldots}$$

Wenn in einem Dreieck die Summe der drei gleich gut gemessenen Winkel um den Betrag w von der theoretischen Summe 180^0 (180 + Excess) abweicht, so ist w auf die drei Winkel gleich zu vertheilen.

Der mittlere Fehler m eines Winkels vor der Ausgleichung und der mittlere Fehler m′ eines Winkels nach der Ausgleichung sind

$$m = \frac{\sqrt{3}}{3}\ w = 0{,}577\ w. \qquad m' = \frac{\sqrt{2}}{3}\ w = 0{,}471\ w.$$

Digitized by Google

II. Vierstellige Logarithmentafel.

Logarithmen der natürlichen Zahlen.

N.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
10	0000	0043	0086	0128	0170	0212	0253	0294	0334	0374	40
11	0414	0453	0492	0531	0569	0607	0645	0682	0719	0755	37
12	0792	0828	0864	0899	0934	0969	1004	1038	1072	1106	33
13	1139	1173	1206	1239	1271	1303	1335	1367	1399	1430	31
14	1461	1492	1523	1553	1584	1614	1644	1673	1703	1732	29
15	1761	1790	1818	1847	1875	1903	1931	1959	1987	2014	27
16	2041	2068	2095	2122	2148	2175	2201	2227	2253	2279	26
17	2304	2330	2355	2380	2405	2430	2455	2480	2504	2529	24
18	2553	2577	2601	2625	2648	2672	2695	2718	2742	2765	23
19	2788	2810	2833	2856	2878	2900	2923	2945	2967	2989	21
20	3010	3032	3054	3075	3096	3118	3139	3160	3181	3201	21
21	3222	3243	3263	3284	3304	3324	3345	3365	3385	3404	20
22	3424	3444	3464	3483	3502	3522	3541	3560	3579	3598	19
23	3617	3636	3655	3674	3692	3711	3729	3747	3766	3784	18
24	3802	3820	3838	3856	3874	3892	3909	3927	3945	3962	17
25	3979	3997	4014	4031	4048	4065	4082	4099	4116	4133	17
26	4150	4166	4183	4200	4216	4232	4249	4265	4281	4298	16
27	4314	4330	4346	4362	4378	4393	4409	4425	4440	4456	16
28	4472	4487	4502	4518	4533	4548	4564	4579	4594	4609	15
29	4624	4639	4654	4669	4683	4698	4713	4728	4742	4757	14
30	4771	4786	4800	4814	4829	4843	4857	4871	4886	4900	14
31	4914	4928	4942	4955	4969	4983	4997	5011	5024	5038	13
32	5051	5065	5079	5092	5105	5119	5132	5145	5159	5172	13
33	5185	5198	5211	5224	5237	5250	5263	5276	5289	5302	13
34	5315	5328	5340	5353	5366	5378	5391	5403	5416	5428	13
35	5441	5453	5465	5478	5490	5502	5514	5527	5539	5551	12
36	5563	5575	5587	5599	5611	5623	5635	5647	5658	5670	12
37	5682	5694	5705	5717	5729	5740	5752	5763	5775	5786	12
38	5798	5809	5821	5832	5843	5855	5866	5877	5888	5899	12
39	5911	5922	5933	5944	5955	5966	5977	5988	5999	6010	11
40	6021	6031	6042	6053	6064	6075	6085	6096	6107	6117	11
41	6128	6138	6149	6160	6170	6180	6191	6201	6212	6222	10
42	6232	6243	6253	6263	6274	6284	6294	6304	6314	6325	10
43	6335	6345	6355	6365	6375	6385	6395	6405	6415	6425	10
44	6435	6444	6454	6464	6474	6484	6493	6503	6513	6522	10
45	6533	6542	6551	6561	6571	6580	6590	6599	6609	6618	10
46	6628	6637	6646	6656	6665	6675	6684	6693	6702	6712	9
47	6721	6730	6739	6749	6758	6767	6776	6785	6794	6803	9
48	6812	6821	6830	6839	6848	6857	6866	6875	6884	6893	9
49	6902	6911	6920	6928	6937	6946	6955	6964	6972	6981	9
50	6990	6998	7007	7016	7024	7033	7042	7050	7059	7067	9
51	7076	7084	7093	7101	7110	7118	7126	7135	7143	7152	8
52	7160	7168	7177	7185	7193	7202	7210	7218	7226	7235	8
53	7243	7251	7259	7267	7275	7284	7292	7300	7308	7316	8
54	7324	7332	7340	7348	7356	7364	7372	7380	7388	7396	8
55	7404	7412	7419	7427	7435	7443	7451	7459	7466	7474	8
56	7482	7490	7497	7505	7513	7520	7528	7536	7543	7551	8
57	7559	7566	7574	7582	7589	7597	7604	7612	7619	7627	7
58	7634	7642	7649	7657	7664	7672	7679	7686	7694	7701	8
59	7709	7716	7723	7731	7738	7745	7752	7760	7767	7774	8
N.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	

Digitized by Google

Logarithmen der natürlichen Zahlen.

N.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
60	7782	7789	7796	7803	7810	7818	7825	7832	7839	7846	7
61	7853	7860	7868	7875	7882	7889	7896	7903	7910	7917	7
62	7924	7931	7938	7945	7952	7959	7966	7973	7980	7987	6
63	7993	8000	8007	8014	8021	8028	8035	8041	8048	8055	7
64	8062	8069	8075	8082	8089	8096	8102	8109	8116	8122	7
65	8129	8136	8142	8149	8156	8162	8169	8176	8182	8189	6
66	8195	8202	8209	8215	8222	8228	8235	8241	8248	8254	7
67	8261	8267	8274	8280	8287	8293	8299	8306	8312	8319	6
68	8325	8331	8338	8344	8351	8357	8363	8370	8376	8382	6
69	8388	8395	8401	8407	8414	8420	8426	8432	8439	8445	6
70	8451	8457	8463	8470	8476	8482	8488	8494	8500	8506	7
71	8513	8519	8525	8531	8537	8543	8549	8555	8561	8567	6
72	8573	8579	8585	8591	8597	8603	8609	8615	8621	8627	6
73	8633	8639	8645	8651	8657	8663	8669	8675	8681	8686	6
74	8692	8698	8704	8710	8716	8722	8727	8733	8739	8745	6
75	8751	8756	8762	8768	8774	8779	8785	8791	8797	8802	6
76	8808	8814	8820	8825	8831	8837	8842	8848	8854	8859	6
77	8865	8871	8876	8882	8887	8893	8899	8904	8910	8915	6
78	8921	8927	8932	8938	8943	8949	8954	8960	8965	8971	5
79	8976	8982	8987	8993	8998	9004	9009	9015	9020	9025	6
80	9031	9036	9042	9047	9053	9058	9063	9069	9074	9079	6
81	9085	9090	9096	9101	9106	9112	9117	9122	9128	9133	5
82	9138	9143	9149	9154	9159	9165	9170	9175	9180	9186	5
83	9191	9196	9201	9206	9212	9217	9222	9227	9232	9238	5
84	9243	9248	9253	9258	9263	9269	9274	9279	9284	9289	5
85	9294	9299	9304	9309	9315	9320	9325	9330	9335	9340	5
86	9345	9350	9355	9360	9365	9370	9375	9380	9385	9390	5
87	9395	9400	9405	9410	9415	9420	9425	9430	9435	9440	5
88	9445	9450	9455	9460	9465	9469	9474	9479	9484	9489	5
89	9494	9499	9504	9509	9513	9518	9523	9528	9533	9538	4
90	9542	9547	9552	9557	9562	9566	9571	9576	9581	9586	4
91	9590	9595	9600	9605	9609	9614	9619	9624	9628	9633	5
92	9638	9643	9647	9652	9657	9661	9666	9671	9675	9680	5
93	9685	9689	9694	9699	9703	9708	9713	9717	9722	9727	4
94	9731	9736	9741	9745	9750	9754	9759	9763	9768	9773	4
95	9777	9782	9786	9791	9795	9800	9805	9809	9814	9818	5
96	9823	9827	9832	9836	9841	9845	9850	9854	9859	9863	5
97	9868	9872	9877	9881	9886	9890	9894	9899	9903	9908	4
98	9912	9917	9921	9926	9930	9934	9939	9943	9948	9952	4
99	9956	9961	9965	9969	9974	9978	9983	9987	9991	9996	4
N.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	

Logarithmen der trigonometrischen Functionen.

°	′	sin	tang	cos	′	°	°	′	sin	tang	cos	′	°
0	0	—	—	0,0000	60	90		12	7,5429	7,5429	0,0000	48	
	2	6,7648	6,7648	0,0000	58			14	7,6099	7,6099	0,0000	46	
	4	7,0658	7,0658	0,0000	56			16	7,6678	7,6678	0,0000	44	
	6	7,2419	7,2419	0,0000	54			18	7,7190	7,7190	0,0000	42	
	8	7,3668	7,3668	0,0000	52			20	7,7648	7,7648	0,0000	40	
	10	7,4637	7,4637	0,0000	50			22	7,8061	7,8062	0,0000	38	
								24	7,8439	7,8439	0,0000	36	
	12	7,5429	7,5429	0,0000	48			26	7,8787	7,8787	0,0000	34	

Digitized by Google

Logarithmen der trigonometrischen Functionen.

°	′	sin	tang	cos	′	°	°	′	sin	tang	cos	′	°
0	26	7,8787	7,8787	0,0000	34	90	4	30	8,8946	8,8960	9,9987	30	86
	28	7,9109	7,9109	0,0000	32			35	8,9026	8,9040	9,9986	25	
	30	7,9408	7,9409	0,0000	30			40	8,9104	8,9118	9,9986	20	
	32	7,9689	7,9689	0,0000	28			45	8,9181	8,9196	9,9985	15	
	34	7,9952	7,9952	0,0000	26			50	8,9256	8,9272	9,9985	10	
	36	8,0200	8,0200	0,0000	24			55	8,9330	8,9346	9,9984	5	
	38	8,0435	8,0435	0,0000	22		5	0	8,9403	8,9420	9,9983	0	85
	40	8,0658	8,0658	0,0000	20			10	8,9545	8,9563	9,9982	50	
	42	8,0870	8,0870	0,0000	18			20	8,9682	8,9701	9,9981	40	
	44	8,1072	8,1072	0,0000	16			30	8,9816	8,9836	9,9980	30	
	46	8,1265	8,1265	0,0000	14			40	8,9945	8,9966	9,9979	20	
	48	8,1450	8,1450	0,0000	12			50	9,0070	9,0093	9,9977	10	
1	0	8,2419	8,2419	9,9999	0	89	6	0	9,0192	9,0216	9,9976	0	84
	5	8,2766	8,2767	0,9999	55			10	9,0311	9,0336	9,9975	50	
	10	8,3088	8,3089	9,9999	50			20	9,0426	9,0453	9,9973	40	
	15	8,3388	8,3389	9,9999	45			30	9,0539	9,0567	9,9972	30	
	20	8,3668	8,3669	9,9999	40			40	9,0648	9,0678	9,9971	20	
	25	8,3931	8,3932	9,9999	35			50	9,0755	9,0786	9,9969	10	
	30	8,4179	8,4181	9,9999	30		7	0	9,0859	9,0891	9,9968	0	83
	35	8,4414	8,4416	9,9998	25			10	9,0961	9,0995	9,9966	50	
	40	8,4637	8,4638	9,9998	20			20	9,1060	9,1096	9,9964	40	
	45	8,4848	8,4851	9,9998	15			30	9,1157	9,1194	9,9963	30	
	50	8,5050	8,5053	9,9998	10			40	9,1252	9,1291	9,9961	20	
	55	8,5243	8,5246	9,9998	5			50	9,1345	9,1385	9,9959	10	
2	0	8,5428	8,5431	9,9997	0	88	8	0	9,1436	9,1478	9,9958	0	82
	5	8,5605	8,5608	9,9997	55			10	9,1525	9,1569	9,9956	50	
	10	8,5776	8,5779	9,9997	50			20	9,1612	9,1658	9,9954	40	
	15	8,5939	8,5943	9,9997	45			30	9,1697	9,1745	9,9952	30	
	20	8,6097	8,6101	9,9996	40			40	9,1781	9,1831	9,9950	20	
	25	8,6250	8,6254	9,9996	35			50	9,1863	9,1915	9,9948	10	
	30	8,6397	8,6401	9,9996	30		9	0	9,1943	9,1997	9,9946	0	81
	35	8,6539	8,6544	9,9996	25			10	9,2022	9,2078	9,9944	50	
	40	8,6677	8,6682	9,9995	20			20	9,2100	9,2158	9,9942	40	
	45	8,6810	8,6815	9,9995	15			30	9,2176	9,2236	9,9940	30	
	50	8,6940	8,6945	9,9995	10			40	9,2251	9,2313	9,9938	20	
	55	8,7066	8,7071	9,9994	5			50	9,2324	9,2389	9,9936	10	
3	0	8,7188	8,7194	9,9994	0	87	10	0	9,2397	9,2463	9,9934	0	80
	5	8,7307	8,7313	9,9994	55			10	9,2468	9,2536	9,9931	50	
	10	8,7423	8,7429	9,9993	50			20	9,2538	9,2609	9,9929	40	
	15	8,7535	8,7542	9,9993	45			30	9,2606	9,2680	9,9927	30	
	20	8,7645	8,7652	9,9993	40			40	9,2674	9,2750	9,9924	20	
	25	8,7752	8,7760	9,9992	35			50	9,2740	9,2819	9,9922	10	
	30	8,7857	8,7865	9,9992	30		11	0	9,2806	9,2887	9,9919	0	79
	35	8,7959	8,7967	9,9992	25			10	9,2870	9,2953	9,9917	50	
	40	8,8059	8,8067	9,9991	20			20	9,2934	9,3020	9,9914	40	
	45	8,8156	8,8165	9,9991	15			30	9,2997	9,3085	9,9912	30	
	50	8,8251	8,8261	9,9990	10			40	9,3058	9,3149	9,9909	20	
	55	8,8345	8,8355	9,9990	5			50	9,3119	9,3212	9,9907	10	
4	0	8,8436	8,8446	9,9989	0	86	12	0	9,3179	9,3275	9,9904	0	78
	5	8,8525	8,8536	9,9989	55			10	9,3238	9,3336	9,9901	50	
	10	8,8613	8,8624	9,9989	50			20	9,3296	9,3397	9,9899	40	
	15	8,8699	8,8711	9,9988	45			30	9,3353	9,3458	9,9896	30	
	20	8,8783	8,8795	9,9988	40			40	9,3410	9,3517	9,9893	20	
	25	8,8865	8,8878	9,9987	35			50	9,3466	9,3576	9,9890	10	
	30	8,8946	8,8960	9,9987	30		13	0	9,3521	9,3634	9,9887	0	77
°	′	cos	cotg	sin	′	°	°	′	cos	cotg	sin	′	°

Logarithmen der trigonometrischen Functionen.

°	′	sin	tang	cos	′	°	°	′	sin	tang	cos	′	°
13	0	0,3521	9,3634	9,9887	0	77	22	0	9,5736	9,6064	9,9672	0	68
	10	9,3575	9,3691	9,9884	50			10	9,5767	9,6100	9,9667	50	
	20	9,3629	9,3748	9,9881	40			20	9,5798	9,6136	9,9661	40	
	30	9,3682	9,3804	9,9878	30			30	9,5828	9,6172	9,9656	30	
	40	9,3734	9,3859	9,9875	20			40	9,5859	9,6208	9,9651	20	
	50	9,3786	9,3914	9,9872	10			50	9,5889	9,6243	9,9646	10	
14	0	9,3837	9,3968	9,9869	0	76	23	0	9,5919	9,6279	9,9640	0	67
	10	9,3887	9,4021	9,9866	50			10	9,5948	9,6314	9,9635	50	
	20	9,3937	9,4074	9,9863	40			20	9,5978	9,6348	9,9629	40	
	30	9,3986	9,4127	9,9859	30			30	9,6007	9,6383	9,9624	30	
	40	9,4035	9,4178	9,9856	20			40	9,6036	9,6417	9,9618	20	
	50	9,4083	9,4230	9,9853	10			50	9,6065	9,6452	9,9613	10	
15	0	9,4130	9,4281	9,9849	0	75	24	0	9,6093	9,6486	9,9607	0	66
	10	9,4177	9,4331	9,9846	50			10	9,6121	9,6520	9,9602	50	
	20	9,4223	9,4381	9,9843	40			20	9,6149	9,6553	9,9596	40	
	30	9,4269	9,4430	9,9839	30			30	9,6177	9,6587	9,9590	30	
	40	9,4314	9,4479	9,9836	20			40	9,6205	9,6620	9,9584	20	
	50	9,4359	9,4527	9,9832	10			50	9,6232	9,6654	9,9579	10	
16	0	9,4403	9,4575	9,9828	0	74	25	0	9,6259	9,6687	9,9573	0	65
	10	9,4447	9,4622	9,9825	50			10	9,6286	9,6720	9,9567	50	
	20	9,4491	9,4669	9,9821	40			20	9,6313	9,6752	9,9561	40	
	30	9,4533	9,4716	9,9817	30			30	9,6340	9,6785	9,9555	30	
	40	9,4576	9,4762	9,9814	20			40	9,6366	9,6817	9,9549	20	
	50	9,4618	9,4808	9,9810	10			50	9,6392	9,6850	9,9543	10	
17	0	9,4659	9,4853	9,9806	0	73	26	0	9,6418	9,6882	9,9537	0	64
	10	9,4700	9,4898	9,9802	50			10	9,6444	9,6914	9,9530	50	
	20	9,4741	9,4943	9,9798	40			20	9,6470	9,6946	9,9524	40	
	30	9,4781	9,4987	9,9794	30			30	9,6495	9,6977	9,9518	30	
	40	9,4821	9,5031	9,9790	20			40	9,6521	9,7009	9,9512	20	
	50	9,4861	9,5075	9,9786	10			50	9,6546	9,7040	9,9505	10	
18	0	9,4900	9,5118	9,9782	0	72	27	0	9,6570	9,7072	9,9499	0	63
	10	9,4939	9,5161	9,9778	50			10	9,6595	9,7103	9,9492	50	
	20	9,4977	9,5203	9,9774	40			20	9,6620	9,7134	9,9486	40	
	30	9,5015	9,5245	9,9770	30			30	9,6644	9,7165	9,9479	30	
	40	9,5052	9,5287	9,9765	20			40	9,6668	9,7196	9,9473	20	
	50	9,5090	9,5329	9,9761	10			50	9,6692	9,7226	9,9466	10	
19	0	9,5126	9,5370	9,9757	0	71	28	0	9,6716	9,7257	9,9459	0	62
	10	9,5163	9,5411	9,9752	50			10	9,6740	9,7287	9,9453	50	
	20	9,5199	9,5451	9,9748	40			20	9,6763	9,7317	9,9446	40	
	30	9,5235	9,5491	9,9743	30			30	9,6787	9,7348	9,9439	30	
	40	9,5270	9,5531	9,9739	20			40	9,6810	9,7378	9,9432	20	
	50	9,5306	9,5571	9,9734	10			50	9,6833	9,7408	9,9425	10	
20	0	9,5341	9,5611	9,9730	0	70	29	0	9,6856	9,7438	9,9418	0	61
	10	9,5375	9,5650	9,9725	50			10	9,6878	9,7467	9,9411	50	
	20	9,5409	9,5689	9,9721	40			20	9,6901	9,7497	9,9404	40	
	30	9,5443	9,5727	9,9716	30			30	9,6923	9,7526	9,9397	30	
	40	9,5477	9,5766	9,9711	20			40	9,6946	9,7556	9,9390	20	
	50	9,5510	9,5804	9,9706	10			50	9,6968	9,7585	9,9383	10	
21	0	9,5543	9,5842	9,9702	0	69	30	0	9,6990	9,7614	9,9375	0	60
	10	9,5576	9,5879	9,9697	50			10	9,7012	9,7644	9,9368	50	
	20	9,5609	9,5917	9,9692	40			20	9,7033	9,7673	9,9361	40	
	30	9,5641	9,5954	9,9687	30			30	9,7055	9,7701	9,9353	30	
	40	9,5673	9,5991	9,9682	20			40	9,7076	9,7730	9,9346	20	
	50	9,5704	9,6028	9,9677	10			50	9,7097	9,7759	9,9338	10	
22	0	9,5736	9,6064	9,9672	0	68	31	0	9,7118	9,7788	9,9331	0	59
°	′	cos	cotg	sin	′	°	°	′	cos	cotg	sin	′	°

o	′	sin	tang	cos	′	o	o	′	sin	tang	cos	′	o
31	0	9,7118	9,7788	9,9331	0	59	38	0	9,7893	9,8928	9,8965	0	52
	10	9,7139	9,7816	9,9323	50			10	9,7910	9,8954	9,8955	50	
	20	9,7160	9,7845	9,9315	40			20	9,7926	9,8980	9,8945	40	
	30	9,7181	9,7873	9,9308	30			30	9,7941	9,9006	9,8935	30	
	40	9,7201	9,7902	9,9300	20			40	9,7957	9,9032	9,8925	20	
	50	9,7222	9,7930	9,9292	10			50	9,7973	9,9058	9,8915	10	
32	0	9,7242	9,7958	9,9284	0	58	39	0	9,7989	9,9084	9,8905	0	51
	10	9,7262	9,7986	9,9276	50			10	9,8004	9,9110	9,8895	50	
	20	9,7282	9,8014	9,9268	40			20	9,8020	9,9135	9,8884	40	
	30	9,7302	9,8042	9,9260	30			30	9,8035	9,9161	9,8874	30	
	40	9,7322	9,8070	9,9252	20			40	9,8050	9,9187	9,8864	20	
	50	9,7342	9,8097	9,9244	10			50	9,8066	9,9212	9,8853	10	
33	0	9,7361	9,8125	9,9236	0	57	40	0	9,8081	9,9238	9,8843	0	50
	10	9,7380	9,8153	9,9228	50			10	9,8096	9,9264	9,8832	50	
	20	9,7400	9,8180	9,9219	40			20	9,8111	9,9289	9,8821	40	
	30	9,7419	9,8208	9,9211	30			30	9,8125	9,9315	9,8810	30	
	40	9,7438	9,8235	9,9203	20			40	9,8140	9,9341	9,8800	20	
	50	9,7457	9,8263	9,9194	10			50	9,8155	9,9366	9,8789	10	
34	0	9,7476	9,8290	9,9186	0	56	41	0	9,8169	9,9392	9,8778	0	49
	10	9,7494	9,8317	9,9177	50			10	9,8184	9,9417	9,8767	50	
	20	9,7513	9,8344	9,9169	40			20	9,8198	9,9443	9,8756	40	
	30	9,7531	9,8371	9,9160	30			30	9,8213	9,9468	9,8745	30	
	40	9,7550	9,8398	9,9151	20			40	9,8227	9,9494	9,8733	20	
	50	9,7568	9,8425	9,9142	10			50	9,8241	9,9519	9,8722	10	
35	0	9,7586	9,8452	9,9134	0	55	42	0	9,8255	9,9544	9,8711	0	48
	10	9,7604	9,8479	9,9125	50			10	9,8269	9,9570	9,8699	50	
	20	9,7622	9,8506	9,9116	40			20	9,8283	9,9595	9,8688	40	
	30	9,7640	9,8533	9,9107	30			30	9,8297	9,9621	9,8676	30	
	40	9,7657	9,8559	9,9098	20			40	9,8311	9,9646	9,8665	20	
	50	9,7675	9,8586	9,9089	10			50	9,8324	9,9671	9,8653	10	
36	0	9,7692	9,8613	9,9080	0	54	43	0	9,8338	9,9697	9,8641	0	47
	10	9,7710	9,8639	9,9070	50			10	9,8351	9,9722	9,8629	50	
	20	9,7727	9,8666	9,9061	40			20	9,8365	9,9747	9,8618	40	
	30	9,7744	9,8692	9,9052	30			30	9,8378	9,9772	9,8606	30	
	40	9,7761	9,8718	9,9042	20			40	9,8391	9,9798	9,8594	20	
	50	9,7778	9,8745	9,9033	10			50	9,8405	9,9823	9,8582	10	
37	0	9,7795	9,8771	9,9023	0	53	44	0	9,8418	9,9848	9,8569	0	46
	10	9,7811	9,8797	9,9014	50			10	9,8431	9,9874	9,8557	50	
	20	9,7828	9,8824	9,9004	40			20	9,8444	9,9899	9,8545	40	
	30	9,7844	9,8850	9,8995	30			30	9,8457	9,9924	9,8532	30	
	40	9,7861	9,8876	9,8985	20			40	9,8469	9,9949	9,8520	20	
	50	9,7877	9,8902	9,8975	10			50	9,8482	9,9975	9,8507	10	
38	0	9,7893	9,8928	9,8965	0	52	45	0	9,8495	0,0000	9,8495	0	45
o	′	cos	cotg	sin	′	o	o	′	cos	cotg	sin	′	o

Constanten.

Basis der natürlichen Logarithmen e = 2,7182818 log = 0,4342945

l x ist der natürl. Logarithm. von x, log x der dekad. Logarithm. von x; log x = m . l x. m ist = log e = 0,4342945 = Modul des dekad. Logarith. syst. log m = 9 . 6377843—10. Das Diff. $d\,l\,x = \frac{dx}{x}$, $\frac{d \log x}{dx} = \frac{m}{x}$.

Der dem Radius gleiche Bogen: in Sec. $\varrho_{''} = 206264{,}8$ log = 5,3144251; « Min. $\varrho_{'} = 3437{,}747$ log = 3,5362739; « Grad. $\varrho_{0} = 57{,}29578$ log = 1,7581226 (Alte Theilung.)

log π = 0,4971499, log $\frac{1}{\pi}$ = 9,5028501; log π^2 = 0,9942997; log $\sqrt{\pi}$ = 0,2485749

$\frac{2\pi}{60}$ = 0,10472, log $\frac{\pi}{30}$ = 9,02003; log 2 π = 0,79818; log $\sqrt[3]{\frac{\pi}{6}}$ = 9,90633

Schwere g unter 45° in Meereshöhe = 9,80605; log g = 0,99149; log $\sqrt{2g}$ = 0,64626.

III. Quadrate, Cuben, Quadrat- und Cubikwurzeln.

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$
100	10000	1000000	10,000	4,642	150	22500	3375000	12,247	5,313
101	10201	1030301	10,050	4,657	151	22801	3442951	12,288	5,325
102	10404	1061208	10,100	4,672	152	23104	3511808	12,329	5,337
103	10609	1092727	10,149	4,688	153	23409	3581577	12,369	5,348
104	10816	1124864	10,198	4,703	154	23716	3652264	12,410	5,360
105	11025	1157625	10,218	4,717	155	24025	3723875	12,450	5,372
106	11236	1191016	10,296	4,733	156	24336	3796416	12,490	5,383
107	11449	1225043	10,344	4,747	157	24649	3869893	12,530	5,395
108	11664	1259712	10,392	4,762	158	24964	3944312	12,570	5,406
109	11881	1295029	10,440	4,777	159	25281	4019679	12,610	5,418
110	12100	1331000	10,488	4,791	160	25600	4096000	12,649	5,429
111	12321	1367631	10,536	4,806	161	25921	4173281	12,689	5,440
112	12544	1404928	10,583	4,820	162	26244	4251528	12,728	5,451
113	12769	1442897	10,630	4,835	163	26569	4330747	12,767	5,463
114	12996	1481544	10,677	4,849	164	26896	4410944	12,806	5,474
115	13225	1520875	10,724	4,863	165	27225	4492125	12,845	5,485
116	13456	1560896	10,770	4,877	166	27556	4574296	12,884	5,496
117	13689	1601613	10,817	4,891	167	27889	4657463	12,923	5,507
118	13924	1643032	10,863	4,905	168	28224	4741632	12,961	5,518
119	14161	1685159	10,909	4,919	169	28561	4826809	13,000	5,529
120	14400	1728000	10,954	4,932	170	28900	4913000	13,038	5,540
121	14641	1771561	11,000	4,946	171	29241	5000211	13,077	5,550
122	14884	1815848	11,045	4,960	172	29584	5088448	13,115	5,561
123	15129	1860867	11,091	4,973	173	29929	5177717	13,153	5,572
124	15376	1906624	11,136	4,987	174	30276	5268024	13,191	5,583
125	15625	1953125	11,180	5,000	175	30625	5359375	13,229	5,593
126	15876	2000376	11,225	5,013	176	30976	5451776	13,266	5,604
127	16129	2048383	11,269	5,027	177	31329	5545233	13,304	5,615
128	16384	2097152	11,314	5,040	178	31684	5639752	13,342	5,625
129	16641	2146689	11,358	5,053	179	32041	5735339	13,379	5,636
130	16900	2197000	11,402	5,066	180	32400	5832000	13,416	5,646
131	17161	2248091	11,446	5,079	181	32761	5929741	13,454	5,657
132	17424	2299968	11,489	5,092	182	33124	6028568	13,491	5,667
133	17689	2352637	11,533	5,104	183	33489	6128487	13,528	5,677
134	17956	2406104	11,576	5,117	184	33856	6229504	13,565	5,688
135	18225	2460375	11,619	5,130	185	34225	6331625	13,601	5,698
136	18496	2515456	11,662	5,143	186	34596	6434856	13,638	5,708
137	18769	2571353	11,705	5,155	187	34969	6539203	13,675	5,718
138	19044	2628072	11,747	5,168	188	35344	6644672	13,711	5,729
139	19321	2685619	11,790	5,180	189	35721	6751269	13,748	5,739
140	19600	2744000	11,832	5,192	190	36100	6859000	13,784	5,749
141	19881	2803221	11,874	5,205	191	36481	6967871	13,820	5,759
142	20164	2863288	11,916	5,217	192	36864	7077888	13,856	5,769
143	20449	2924207	11,958	5,229	193	37249	7189057	13,892	5,779
144	20736	2985984	12,000	5,241	194	37636	7301384	13,928	5,789
145	21025	3048625	12,042	5,254	195	38025	7414875	13,964	5,799
146	21316	3112136	12,083	5,266	196	38416	7529536	14,000	5,809
147	21609	3176523	12,124	5,278	197	38809	7645373	14,036	5,819
148	21904	3241792	12,166	5,290	198	39204	7762392	14,071	5,828
149	22201	3307949	12,207	5,301	199	39601	7880599	14,107	5,838

Digitized by Google

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$
200	40000	8000000	14,142	5,848	**250**	62500	15625000	15,811	6,300
201	40401	8120601	14,177	5,858	251	63001	15813251	15,843	6,308
202	40804	8242408	14,213	5,867	252	63504	16003008	15,875	6,316
203	41209	8365427	14,248	5,877	253	64009	16194277	15,906	6,325
204	41616	8489664	14,283	5,887	254	64516	16387064	15,937	6,333
205	42025	8615125	14,318	5,896	255	65025	16581375	15,969	6,341
206	42436	8741816	14,353	5,906	256	65536	16777216	16,000	6,350
207	42849	8869743	14,387	5,915	257	66049	16974593	16,031	6,358
208	43264	8998912	14,422	5,925	258	66564	17173512	16,062	6,366
209	43681	9129329	14,457	5,934	259	67081	17373979	16,094	6,374
210	44100	9261000	14,491	5,944	**260**	67600	17576000	16,125	6,383
211	44521	9393931	14,526	5,953	261	68121	17779581	16,156	6,391
212	44944	9528128	14,560	5,963	262	68644	17984728	16,186	6,399
213	45369	9663597	14,595	5,972	263	69169	18191447	16,217	6,407
214	45796	9800344	14,629	5,981	264	69696	18399744	16,248	6,415
215	46225	9938375	14,663	5,991	265	70225	18609625	16,279	6,423
216	46656	10077696	14,697	6,000	266	70756	18821096	16,310	6,431
217	47089	10218313	14,731	6,009	267	71289	19034163	16,340	6,439
218	47524	10360232	14,765	6,018	268	71824	19248832	16 371	6,447
219	47961	10503459	14,799	6,028	269	72361	19465109	16,401	6,455
220	48400	10648000	14,832	6,037	**270**	72900	19683000	16,432	6,463
221	48841	10793861	14,866	6,046	271	73441	19902511	16,462	6,471
222	49284	10941048	14,900	6,055	272	73984	20123648	16,492	6,479
223	49729	11089567	14,933	6,064	273	74529	20346417	16,523	6,487
224	50176	11239424	14,967	6,073	274	75076	20570 24	16,553	6,495
225	50625	11390625	15,000	6,082	275	75625	20796875	16,583	6,503
226	51076	11543176	15,033	6,091	276	76176	21024576	16,613	6,511
227	51529	11697083	15,067	6,100	277	76729	21253933	16,643	6,519
228	51984	11852352	15,100	6,109	278	77284	21484952	16,673	6,527
229	52441	12008989	15,133	6,118	279	77841	21717639	16,703	6,534
230	52900	12167000	15,166	6,127	**280**	78400	21952000	16,733	6,542
231	53361	12326391	15,199	6,136	281	78961	22188041	16,763	6,550
232	53824	12487168	15,232	6,145	282	79524	22425768	16,793	6,558
233	54289	12649337	15,264	6,153	283	80089	22665187	16,823	6,565
234	54756	12812904	15,297	6,162	284	80656	22906304	16,852	6,573
235	55225	12977875	15,330	6,171	285	81225	23149125	16,882	6,581
236	55696	13144256	15,362	6,180	286	81796	23393656	16,912	6,589
237	56169	13312053	15,395	6,188	287	82369	23639903	16,941	6,596
238	56644	13481272	15,427	6,197	288	82944	23887872	16,971	6,604
239	57121	13651919	15,460	6,206	289	83521	24137569	17,000	6,612
240	57600	13824000	15,492	6,214	**290**	84100	24389000	17,029	6,619
241	58081	13997521	15,524	6,223	291	85681	24642171	17,059	6 627
242	58564	14172488	15 556	6,232	292	85264	24897088	17,088	6,634
243	59049	14348907	15,588	6,240	293	8 849	25153757	17,117	6,642
244	59536	14526784	15,620	6,249	294	86436	25412184	17,146	6,649
245	60025	14706125	15,652	6,257	295	87025	25672375	17,176	6,657
246	60516	14886936	15.684	6,266	296	87616	25934336	17,205	6,664
247	61009	15069223	15,716	6,274	297	88209	26198073	17,234	6,672
248	61504	15252992	15,748	6,283	298	88804	26463592	17,263	6,679
249	62001	15438249	15,780	6,291	299	89401	26730899	17,292	6,687

Digitized by Google

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$
300	90000	27000000	17,321	6,694	350	122500	42875000	18,708	7,047
301	90601	27270901	17,349	6,702	351	123201	43243551	18,735	7,054
302	91204	27543608	17,378	6,709	352	123904	43614208	18,762	7,061
303	91809	27818127	17,407	6,717	353	124609	43986977	18,788	7,067
304	92416	28094464	17,436	6,724	354	125316	44361864	18,815	7,074
305	93025	28372625	17,464	6,731	355	126025	44738875	18,841	7,081
306	93636	28652616	17,493	6,739	356	126736	45118016	18,868	7,087
307	94249	28934443	17,521	6,746	357	127449	45499293	18,894	7,094
308	94864	29218112	17,550	6,753	358	128164	45882712	18,921	7,101
309	95481	29503629	17,578	6,761	359	128881	46268279	18,947	7,107
310	96100	29791000	17,607	6,768	360	129600	46656000	18,974	7,114
311	96721	30080231	17,635	6,775	361	130321	47045881	19,000	7,120
312	97344	30371328	17,664	6,782	362	131044	47437928	19,026	7,127
313	77969	30664297	17,692	6,790	363	131769	47832147	19,053	7,134
314	98596	30959144	17,720	6,797	364	132496	48228544	19,079	7,140
315	99225	31255875	17,748	6,804	365	133225	48627125	19,105	7,147
316	99856	31554496	17,776	6,811	366	133956	49027896	19,131	7,153
317	100489	31855013	17,805	6,819	367	134689	49430863	19,157	7,160
318	101124	32157432	17,833	6,826	368	135424	49836032	19,183	7,166
319	101761	32461759	17,861	6,833	369	136161	50243409	19,209	7,173
320	102400	32768000	17,889	6,840	370	136900	50653000	19,235	7,179
321	103041	33076161	17,917	6,847	371	137641	51064811	19,261	7,186
322	103684	33386248	17,944	6,854	372	138384	51478848	19,287	7,192
323	104329	33698267	17,972	6,861	373	139129	51895117	19,313	7,198
324	104976	34012224	18,000	6,868	374	139876	52313624	19,339	7,205
325	105625	34328125	18,028	6,875	375	140625	52734375	19,365	7,211
326	106276	34645976	18,056	6,882	376	141376	53157376	19,391	7,218
327	106929	34965783	18,083	6,889	377	142129	53582633	19,417	7,224
328	107584	35287552	18,111	6,896	378	142884	54010152	19,442	7,230
329	108241	35611289	18,138	6,903	379	143641	54439939	19,468	7,237
330	108900	35937000	18,166	6,910	380	144400	54872000	19,494	7,243
331	109561	36264691	18,193	6,917	381	145161	55306341	19,519	7,250
332	110224	36594368	18,221	6,924	382	145924	55742968	19,545	7,256
333	110889	36926037	18,248	6,931	383	146689	56181887	19,570	7,262
334	111556	37259704	18,276	6,938	384	147456	56623104	19,596	6,269
335	112225	37595375	18,303	6,945	385	148225	57066625	19,621	7,275
336	112896	37933056	18,330	6,952	3 6	248996	57512456	19,647	7,281
337	113569	38272753	18,358	6,959	387	149769	57960603	19,672	7,287
338	114244	38614472	18,385	6,966	388	150544	58411072	19,698	7,294
339	114921	38958219	18,412	6,973	389	151321	58863869	19,723	7,300
340	115600	39304000	18,439	6,980	390	152100	59319000	19,748	7,306
341	116281	39651821	18,466	6,986	391	152881	59776471	19,774	7,312
342	116964	40001688	18,493	6,993	392	153664	60236288	19,799	7,319
343	117649	40353607	18,520	7,000	393	154449	60698457	19,824	7,325
344	118336	40707584	18,547	7,007	394	155236	61162984	19,849	7,331
345	119025	41063625	18,574	7,014	395	156025	61629875	19,875	7,337
346	119716	41421736	18,601	7,020	396	156816	62099136	19,900	7,343
347	120409	41781923	18,628	7,027	397	157609	62570773	19,925	7,350
348	121104	42144192	18,655	7,034	398	158404	63044792	19,950	7,356
349	121801	42508549	18,682	7,041	399	159201	63521199	19,975	7,362

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$
400	160000	64000000	20,000	7,368	450	202500	91125000	21,213	7,663
401	160801	64481201	20,025	7,374	451	203401	91733851	21,237	7,679
402	161604	64964808	20,050	7,380	452	204304	92345408	21,260	7,674
403	162409	65450827	20,075	7,386	453	205209	92959677	21,284	7,680
404	163216	65939264	20,100	7,392	454	206116	93576664	21,307	7,686
405	164025	66430125	20,125	7,399	455	207025	94196375	21,331	7,691
406	164836	66923416	20,149	7,405	456	207936	94818816	21,354	7,697
407	165649	67419143	20,174	7,411	457	208849	95443993	21,378	7,703
408	166464	67917312	20,199	7,417	458	209764	96071912	21,401	7,708
409	167281	68417929	20,224	7,423	459	210681	96702579	21,424	7,714
410	168100	68921000	20,248	7,429	460	211600	97336000	21,448	7,719
411	168921	69426531	20,273	7,435	461	212521	97972181	21,471	7,725
412	169744	69934528	20,298	7,441	462	213444	98611128	21,494	7,731
413	170569	70444997	20,322	7,447	463	214369	99252847	21,517	7,736
414	171396	70957944	20,347	7,453	464	215296	99897344	21,541	7,742
415	172225	71473375	20,371	7,459	465	216225	100544625	21,564	7,747
416	173056	71991296	20,396	7,465	466	217156	101194696	21,587	7,753
417	173889	72511713	20,421	7,471	467	218089	101847563	21,610	7,758
418	174724	73034632	20,445	7,477	468	219024	102503232	21,633	7,764
419	175561	73560059	20,469	7,483	469	219961	103161709	21,656	7,769
420	176400	74088000	20,494	7,489	470	220900	103823000	21,680	7,775
421	177241	74618461	20,518	7,495	471	221841	104487111	21,703	7,780
422	178084	75151448	20,543	7,501	472	222784	105154048	21,726	7,786
423	178929	75686967	20,567	7,507	473	223729	105823817	21,749	7,791
424	179776	76225024	20,591	7,513	474	224676	106496424	21,771	7,797
425	180625	76765625	20,615	7,518	475	225625	107171875	21,795	7,802
426	181476	77308776	20,640	7,524	476	226576	107850176	21,817	7,808
427	182329	77854483	20,664	7,530	477	227529	108531333	21,840	7,813
428	183184	78402752	20,688	9,536	478	228484	109215352	21,863	7,819
429	184041	78953589	20,712	7,542	479	229441	109902239	21,883	7,824
430	184900	79507000	20,736	7,548	480	230400	110592000	21,909	7,830
431	185761	80062991	20,760	7,554	481	231361	111284641	21,932	7,835
432	186624	80621568	20,785	7,559	482	232324	111980168	21,954	7,841
433	187489	81182737	20,809	7,565	483	233289	112678587	21,977	7,846
434	188356	81746504	20,833	7,571	484	234256	113379904	22,000	7,851
435	189225	82312875	20,857	7,577	485	235225	114084125	22,023	7,857
436	190096	82881856	20,881	7,583	486	236196	114791256	22,045	7,862
437	190969	83453453	20,904	7,589	487	237169	115501303	22,068	7,868
438	191844	84027672	20,928	7,594	488	238144	116214272	22,091	7,873
439	192721	84604519	20,952	7,600	489	239121	116930169	22,113	7,878
440	193600	85184000	20,976	7,606	490	240100	117649000	22,136	7,884
441	194481	85766121	21,000	7,612	491	241081	118370771	22,158	7,889
442	195364	86350888	21,024	7,617	492	242064	119095488	22,181	7,894
443	196249	86938307	21,048	7,623	493	243049	119823157	22,204	7,900
444	197136	87528384	21,071	7,629	494	244036	120553784	22,226	7,905
445	198025	88121125	21,095	7,638	495	245025	121287375	22,249	7,910
446	198916	88716536	21,119	7,640	496	246016	122023936	22,271	7,916
447	199809	89314623	21,142	7,646	497	247009	122763473	22,294	7,921
448	200704	89915392	21,166	7,652	498	248004	123505992	22,316	7,926
449	201601	90518849	21,190	7,657	499	249001	124251499	22,338	7,932

Digitized by Google

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$
500	250000	125000000	22,361	7,937	550	302500	166375000	23,452	8,193
501	251001	125751501	22,383	7,942	551	303601	167284151	23,473	8,198
502	252004	126506008	22,405	7,948	552	304704	168196608	23,495	8,203
503	253009	127263527	22,428	7,953	553	305809	169112377	23,516	8,208
504	254016	128024064	22,450	7,958	554	306916	170031464	23,537	8,213
505	255025	128787625	22,472	7,963	555	308025	170953875	23,558	8,218
506	256036	129554216	22,494	7,967	556	309136	171879616	23,580	8,223
507	257049	130323843	22,517	7,974	557	310249	172808693	23,601	8,228
508	258064	131096512	22,539	7,979	558	311364	173741112	23,622	8,233
509	259081	131872229	22,561	7,984	559	312481	174676879	23,643	8,238
510	260100	132651000	22,583	7,990	560	313600	175616000	23,664	8,243
511	261121	133432831	22,605	7,995	561	314721	176558481	23,685	8,247
512	262144	134217728	22,627	8,000	562	315844	177504328	23,706	8,252
513	263169	135005697	22,649	8,005	563	316969	178453547	23,728	8,257
514	264196	135796744	22,672	8,010	564	318096	179406144	23,749	8,262
515	265225	136590875	22,694	8,016	565	319225	180362125	23,770	8,267
516	266256	137388096	22,716	8,021	566	320356	181321496	23,791	8,272
517	267289	138188413	22,738	8,026	567	321489	182284263	23,812	8,277
518	268324	138991832	22,760	8,031	568	322624	183250432	23,833	8,282
519	269361	139798359	22,782	8,036	569	323761	184220009	23,854	8,286
520	270400	140608000	22,803	8,041	570	324900	185193000	23,875	8,291
521	271441	141420761	22,825	8,047	571	236041	186169411	23,896	8,296
522	272484	142236648	22,847	8,052	572	327184	187149248	23,916	7,301
523	273529	143055667	22,869	8,057	573	328329	188132517	23,937	8,306
524	274576	143877824	22,891	8,062	574	329476	189119224	23,953	8,311
525	275625	144703125	22,913	8,067	575	330625	190109375	23,979	8,315
526	276676	145531576	22,935	8,072	576	331776	191102976	24,000	8,320
527	277729	146363183	22,956	8,077	577	332929	192100033	24,021	8,325
528	278784	147197952	22,978	8,082	578	334084	193100552	24,042	8,330
529	279841	148035889	23,000	8,088	579	335241	194104539	24,062	8,335
530	280900	148877000	23,022	8,093	580	336400	195112000	24,083	8,340
531	281961	149721291	23,043	8,098	581	337561	196122941	24,104	8,344
532	283024	150568768	23,065	8,103	582	338724	197137368	24,125	8,349
533	284089	151419437	23,087	8,108	583	339889	198155287	24,145	8,354
534	285156	152273304	23,108	8,113	584	341056	199176704	24,166	8,359
535	286225	153130375	23,130	8,118	585	342225	200201625	24,186	8,363
536	287296	153990656	23,152	8,123	586	343396	201230056	24,207	8,368
537	288369	154854153	23,173	8,128	587	344569	202262003	24,228	8,373
538	289444	155720872	23,195	8,133	588	345744	203297472	24,249	8,378
539	290521	156590819	23,216	8,138	589	346921	204336469	24,269	8,382
540	291600	157464000	23,238	8,143	590	348100	205379000	24,290	8,387
541	292681	158340421	23,259	8,148	591	349281	206425071	24,310	8,392
542	293764	159220088	23,280	8,153	592	350464	207474688	24,331	8,397
543	294849	160103007	23,302	8,158	593	351649	208527857	24,352	8,401
544	295936	160989184	23,323	8,163	594	352836	209584584	24,372	8,406
545	297025	161878625	23,345	8,168	595	354025	210644875	24,393	8,411
546	298116	162771336	23,367	8,173	596	355216	211708736	24,413	8,415
547	299209	163667323	23,388	8,178	597	356409	212776173	24,434	8,420
548	300304	164566592	23,409	8,183	598	357604	213847192	24,454	8,425
549	301401	165469149	23,431	8,188	599	358801	214921799	24,474	8,430

Digitized by Google

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$
600	360000	216000000	24,495	8,434	650	422500	274625000	25,495	8,662
601	361201	217081801	24,515	8,439	651	423801	275894451	25,515	8,667
602	362404	218167208	24,536	8,444	652	425104	277167808	25,534	8,671
603	363609	219256227	24,556	8,448	653	426409	278445077	25,554	8,676
604	364816	220348864	24,576	8,453	654	427716	279726264	25,573	8,680
605	366025	221445125	24,597	8,458	655	429025	281011375	25,593	8,684
606	367236	222545016	24,617	8,462	656	430336	282300416	25,612	8,689
607	368449	223648543	24,637	8,467	657	431649	283593393	25,632	8,693
608	369664	224755712	24,658	8,472	658	432964	284890312	25,651	8,698
609	370881	225866529	24,678	8,476	659	434281	286191179	25,671	8,702
610	372100	226981000	24,698	8,481	660	435600	287496000	25,690	8,707
611	373321	228099131	24,718	8,486	661	436921	288804781	25,710	8,711
612	374544	229220928	24,739	8,490	662	438244	290117528	25,729	8,715
613	375769	230346397	24,759	8,495	663	439569	291434247	25,749	8,720
614	376996	231475544	24,779	8,499	664	440896	292754944	25,768	8,724
615	378225	232608375	24,799	8,504	665	442225	294079625	25,788	8,728
616	379456	233744896	24,819	8,509	666	443556	295408296	25,807	8,733
617	380689	234885113	24,839	8,513	667	444889	296740963	25,826	8,737
618	381924	236029032	24,860	8,518	668	446224	298077632	25,846	8,742
619	383161	237176659	24,880	8,522	669	447561	299418309	25,865	8,746
620	384400	238328000	24,900	8,527	670	448900	300763000	25,884	8,750
621	385641	239483061	24,920	8,532	671	450241	302111711	25,904	8,755
622	386884	240641848	24,940	8,536	672	451584	303464448	25,923	8,759
623	388129	241804367	24,960	8,541	673	452929	304821217	25,942	8,763
624	389376	242970624	24,980	8,545	674	454276	306182024	25,961	8,768
625	390625	244140625	25,000	8,550	675	455625	307546875	25,981	8,772
626	391876	245314376	25,020	8,554	676	456976	308915776	26,000	8,776
627	393129	246491883	25,040	8,559	677	458329	310288733	26,019	8,781
628	394384	247673152	25,060	8,563	678	459684	311665752	26,038	8,785
629	395641	248858189	25,080	8,568	679	461041	313046839	26,058	8,789
630	396900	250047000	25,100	8,573	680	462400	314432000	26,077	8,794
631	398161	251239591	25,120	8,577	681	463761	315821241	26,096	8,798
632	399424	252435968	25,140	8,582	682	465124	317214568	26,115	8,802
633	400689	253636137	25,160	8,586	683	466489	318611987	26,134	8,806
634	401956	254840104	25,180	8,591	684	467856	320013504	26,153	8,811
635	403225	256047875	25,200	8,595	685	469225	321419125	26,172	8,815
636	404496	257259456	25,219	8,600	686	470596	322828856	26,192	8,819
637	405769	258474853	25,239	8,604	687	471969	324242703	26,211	8,824
638	407044	259694072	25,259	8,609	688	473344	325660672	26,230	8,828
639	408321	260917119	25,278	8,613	689	474721	327082769	26,249	8,832
640	409600	262144000	25,298	8,618	690	476100	328509000	26,268	8,837
641	410881	263374721	25,318	8,622	691	477481	329939371	26,287	8,841
642	412164	264609288	25,338	8,627	692	478864	331373888	26,306	8,845
643	413449	265847707	25,357	8,631	693	480249	332812557	26,325	8,849
644	414736	267089984	25,377	8,636	694	481636	334255384	26,344	8,854
645	416025	268336125	25,397	8,640	695	483025	335702375	26,363	8,858
646	417316	269586136	25,416	8,645	696	484416	337153536	26,382	8,862
647	418609	270840023	25,436	8,649	697	485809	338608873	26,401	8,866
648	419904	272097792	25,456	8,653	698	487204	340068392	26,420	8,871
649	421201	273359449	25,475	8,658	699	488601	341532099	26,439	8,875

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$
700	490000	343000000	26,457	8,879	750	562500	421875000	27,386	9,086
701	491401	344472101	26,476	8,883	751	564001	423564751	27,404	9,090
702	492804	345948408	26,495	8,887	752	565504	425259008	27,423	9,094
703	494209	347428927	26,514	8,892	753	567009	426957777	27,441	9,098
704	495616	348913664	26,533	8,896	754	568516	428661064	27,459	9,102
705	497025	350402625	26,552	8,900	755	570025	430368875	27,477	9,106
706	498436	351895816	26,571	8,904	756	571536	432081216	27,495	9,110
707	499849	353393243	26,589	8,908	757	573049	433798093	27,514	9,114
708	501264	354894912	26,608	8,913	758	574564	435519512	27,532	9,118
709	502681	356400829	26,627	8,917	759	576081	437245479	27,550	9,122
710	504100	357911000	26,646	8,921	760	577600	438976000	27,568	9,126
711	505521	359425431	26,665	8,925	761	579121	440711081	27,586	9,130
712	506944	360944128	26,683	8,929	762	580644	442450728	27,604	9,134
713	508369	362467097	26,702	8,934	763	582169	444194947	27,622	9,138
714	509796	363994344	26,721	8,938	764	583696	445943744	27,640	9,142
715	511225	365525875	26,739	8,942	765	585225	447697125	27,659	9,146
716	512656	367061696	26,758	8,946	766	586756	449455096	27,677	9,150
717	514089	368601813	26,777	8,950	767	588289	451217663	27,695	9,154
718	515524	370146232	26,795	8,954	768	589824	452984832	27,713	9,158
719	516961	371694959	26,814	8,959	769	591361	454756609	27,731	9,162
720	518400	373248000	26,833	8,963	770	592900	456533000	27 749	9,166
721	519841	374805361	26,851	8,967	771	594441	458314011	27,767	9,170
722	521284	376367048	26,870	8,971	772	595984	460099648	27,785	9,174
723	522729	377933067	26,889	8,975	773	597529	461889917	27,803	9,177
724	524176	379503424	26,907	8,979	774	599076	463684824	27,821	9,181
725	525625	381078125	26,926	8,983	775	600625	465484375	27,839	9,185
726	527076	382657176	26,944	8,988	776	602176	467288576	27,857	9,189
727	528529	384240583	26,963	8,992	777	603729	469097433	27,875	9,193
728	529984	385828352	26,981	8,996	778	605284	470910952	27,893	9,197
729	531441	387420489	27,000	9,000	779	606841	472729139	27,911	9,201
730	532900	389017000	27,018	9,004	780	608400	474552000	27,928	9,205
731	534361	390617891	27,037	9,008	781	609961	476379541	27,946	9,209
732	535824	392223168	27,055	9,012	782	611524	478211768	27,964	9,213
733	537289	393832837	27,074	9,016	783	613089	480048687	27,982	9,217
734	538756	395446904	27,092	9,020	784	614656	481890304	28,000	9,221
735	540225	397065375	27,111	9,025	785	616225	483736625	28,018	9,225
736	541696	398688256	27,129	9,029	786	617796	485587656	28,036	9,229
737	543169	400315553	27,148	9,033	787	619369	487443403	28,053	9,233
738	544644	401947272	27,166	9,037	788	620944	489303872	28,071	9,236
739	546121	403583419	27,185	9,041	789	622521	491169069	28,089	9,240
740	547600	405224000	27,203	9,045	790	624100	493039000	28,107	9,244
741	549081	406869021	27,221	9,049	791	625681	494913671	28,125	9,248
742	550564	408518488	27,240	9,053	792	627264	496793088	28,142	9,252
743	552049	410172407	27,258	9,057	793	628849	498677257	28,160	9,256
744	553536	411830784	27,276	9,061	794	630436	500566184	28,178	9,260
745	555025	413493625	27,295	9,065	795	632025	502459875	28,196	9,264
746	556516	415160936	27,313	9,069	796	633616	504358336	28,213	9,268
747	558009	416832723	27,331	9,073	797	635209	506261573	28,231	9,272
748	559504	418508992	27,350	9,077	798	636804	508169592	28,249	9,275
749	561001	420189749	27,368	9,082	799	638401	510082399	28,267	9,279

Digitized by Google

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$
800	640000	512000000	28,284	9,283	850	722500	614125000	29,155	9,473
801	641601	513922401	28,302	9,287	851	724201	616295051	29,172	9,476
802	643204	515849608	28,320	9,291	852	725904	618470208	29,189	9,480
803	644809	517781627	28,337	9,295	853	727609	620650477	29,206	9,484
804	646416	519718464	28,355	9,299	854	729316	622835864	29,223	9,487
805	648025	521660125	28,372	9,302	855	731025	625026375	29,240	9,491
806	649636	523606616	28,390	9,306	856	732736	627222016	29,257	9,495
807	651249	525557943	28,408	9,310	857	734449	629422793	20,275	9,499
808	652864	527514112	28,425	9,314	858	736164	631628712	29,292	9,502
809	654481	529475129	28,443	9,318	859	737881	633839779	29,309	9,506
810	656100	531441000	28,460	9,322	860	739600	636056000	29,326	9,510
811	657721	533411731	28,478	9,325	861	741321	638277381	29,343	9,513
812	659344	535387328	28,496	9,329	862	743044	640503928	29,360	9,517
813	660969	537367797	28,513	9,333	863	744069	642735647	29,377	9,521
814	662596	539353144	28,531	9,337	864	746496	644972544	29,394	9,524
815	664225	541343375	28,548	9,341	865	748225	647214625	29,411	9,528
816	665856	543338496	28,566	9,345	866	749956	649461896	29,428	9,532
817	667489	545338513	28,583	9,348	867	751689	651714363	29,445	9,535
818	669124	547343432	28,601	9,352	868	753424	653972032	29,462	9,539
819	670761	549353259	28,618	9,356	869	755161	656234909	29,479	9,543
820	672400	551368000	28,636	9,360	870	756900	658503000	29,496	9,546
821	674041	553387661	28,653	9,364	871	758641	660776311	29,513	9,550
822	675684	555412248	28,670	9,367	872	760384	663054848	29,530	9,554
823	677329	557441767	28,688	9,371	873	762129	665338617	29,547	9,557
824	678976	559476224	28,705	9,375	874	763876	667627624	29,563	9,561
825	680625	561515625	28,723	9,379	875	765625	669921875	29,580	9,565
826	682276	563559976	28,740	9,383	876	767376	672221376	29,597	9,568
827	683929	565609283	28,758	9,386	877	769129	674526133	29,614	9,572
828	685584	567663552	28,775	9,390	878	770884	676836152	29,631	9,576
829	687241	569722789	28,792	9,394	879	772641	679151439	29,648	9,579
830	688900	571787000	28,810	9,398	880	774400	681472000	29,665	9,583
831	690561	573856191	28,827	9,402	881	776161	683797841	29,682	9,586
832	692224	575930368	28,844	9,405	882	777924	686128968	29,698	9,590
833	693889	578009537	28,862	9,409	883	779689	688465387	29,715	9,594
834	695556	580093704	28,879	9,413	884	781456	690807104	29,732	9,597
835	697225	582182875	28,896	9,417	885	783225	693154125	29,749	9,601
836	698896	584277056	28,914	9,420	886	784996	695506456	29,766	9,605
837	700569	586376253	28,931	9,424	887	786769	697864103	29,782	9,608
838	702244	588480472	28,948	9,428	888	788544	700227072	29,799	9,612
839	703921	590589719	28,965	9,432	889	790321	702595369	29,816	9,615
840	705600	592704000	28,983	9,435	890	792100	704969000	29,833	9,619
841	707281	594823321	29,000	9,439	891	793881	707347971	29,850	9,623
842	708964	596947688	29,017	9,443	892	795664	709732288	29,866	9,626
843	710649	599077107	29,034	9,447	893	797449	712121957	29,883	9,630
844	712336	601211584	29,052	9,450	894	799236	714516984	29,900	9,633
845	714025	603351125	29,069	9,454	895	801025	716917375	29,917	9,637
846	715716	605495736	29,086	9,458	896	802816	719323136	29,933	9,641
847	717409	607645423	29,103	9,461	897	804609	721734273	29,950	9,644
848	719104	609800192	29,120	9,465	898	806404	724150792	29,967	9,648
849	720801	611960049	29,138	9,469	899	808201	726572699	29,983	9,651

Digitized by Google

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$
900	810000	729000000	30,000	9,655	950	902500	857375000	30,822	9,830
901	811801	731432701	30,017	9,658	951	904401	860085351	30,838	9,834
902	813604	733870808	30,033	9,662	952	906304	862801408	30,854	9,837
903	815409	736314327	30,050	9,666	953	908200	865523177	30,871	9,841
904	817216	738763264	30,067	9,669	954	910116	868250664	30,887	9,844
905	819025	741217625	30,083	9,673	955	912025	870983875	30,903	9,848
906	820836	743677416	30,100	9,676	956	913936	873722816	30,919	9,851
907	822649	746142643	30,116	9,680	957	915849	876467493	30,935	9,855
908	824464	748613312	30,133	9,683	958	917764	879217912	30,952	9,858
909	826281	751089429	30,150	9,687	959	919681	881974079	30,968	9,861
910	828100	753571000	30,166	9,690	960	921600	884736000	30,984	9,865
911	829921	756058031	30,183	9,694	961	923521	887503681	31,000	9,868
912	831744	758550528	30,199	9,698	962	925444	890277128	31,016	9,872
913	833569	761048497	30,216	9,701	963	927369	893056347	31,032	9,875
914	835396	763551944	30,232	9,705	964	929296	895841344	31,048	9,878
915	837225	766060875	30,249	9,708	965	931225	898632125	31,064	9,882
916	839056	768575296	30,265	9,712	966	933156	901428696	31,080	9,885
917	840889	771095213	30,282	9,715	967	935089	904231063	31,097	9,889
918	842724	773620632	30,298	9,719	968	937024	907039232	31,113	9,892
919	844561	776151559	30,315	9,722	969	938961	909853209	31,129	9,896
920	846400	778688000	30,331	9,726	970	940900	912673000	31,145	9,899
921	848241	781229961	30,348	9,729	971	942841	915498611	31,161	9,902
922	850084	783777448	30,364	9,733	972	944784	918330048	31,177	9,906
923	851929	786330467	30,381	9,736	973	946729	921167317	31,193	9,909
924	853776	788889024	30,397	9,740	974	948676	924010424	31,209	9,913
925	855625	791453125	30,414	9,743	975	950625	926859375	31,225	9,916
926	857476	794022776	30,430	9,747	976	952576	929714176	31,241	9,919
927	859329	796597983	30,447	9,750	977	954529	932574833	31,257	9,923
928	861184	799178752	30,463	9,754	978	956484	935441352	31,273	9,926
929	863041	801765089	30,479	9,757	979	958441	938313739	31,289	9,929
930	864900	804357000	30,496	9,761	980	960400	941192000	31,305	9,933
931	866761	806954491	30,512	9,764	981	962361	944076141	31,321	9,936
932	868624	809557568	30,529	9,768	982	964324	946966168	31,337	9,940
933	870489	812166237	30,545	9,771	983	966289	949862087	31,353	9,943
934	872256	814780504	30,561	9,775	984	968256	952763904	31,369	9,946
935	874225	817400375	30,578	9,778	985	970225	955671625	31,385	9,950
936	876096	820025856	30,594	9,782	986	972196	958585256	31,401	9,953
937	877969	822656953	30,610	9,785	987	974169	961504803	31,417	9,956
938	879844	825293672	30,627	9,789	988	976144	964430272	31,432	9,960
939	881721	827936019	30,643	9,792	989	978121	967361669	31,448	9,963
940	883600	830584000	30,659	9,796	990	980100	970299000	31,464	9,967
941	885481	833237621	30,676	9,799	991	982081	973242271	31,480	9,970
942	887364	835896888	30,692	9,803	992	984064	976191488	31,496	9,973
943	889249	838561807	30,708	9,806	993	986049	979146657	31,512	9,977
944	891136	841232384	30,725	9,810	994	988036	982107784	31,528	9,980
945	893025	843908625	30,741	9,813	995	990025	985074875	31,544	9,983
946	894916	846590536	30,757	9,817	996	992016	988047936	31,559	9,987
947	896809	849278123	30,773	9,820	997	994009	991026973	31,575	9,990
948	898704	851971392	30,790	9,824	998	996004	994011992	31,591	9,993
949	900601	854670349	30,806	9,827	999	998001	997002999	31,607	9,997

Digitized by Google

IV. Kreisumfänge und Kreisinhalte.

n	$n\pi$	$n^2\frac{\pi}{4}$	n	$n\pi$	$n^2\frac{\pi}{4}$	n	$n\pi$	$n^2\frac{\pi}{4}$
10	31,42	78,54	60	188,50	2827,4	110	345,58	9503,3
11	34,56	95,03	61	191,64	2922,5	111	348,72	9676,9
12	37,70	113,10	62	194,78	3019,1	112	351,86	9852,0
13	40,84	132,73	63	197,92	3117,3	113	355,00	10029
14	43,98	153,94	64	201,06	3217,0	114	358,14	10207
15	47,12	176,72	65	204,20	3318,3	115	361,28	10387
16	50,27	201,06	66	207,35	3421,2	116	364,42	10568
17	53,41	226,98	67	210,49	3525,7	117	367,57	10751
18	56,55	254,47	68	213,63	3631,7	118	370,71	10936
19	59,69	283,53	69	216,77	3739,3	119	373,85	11122
20	62,83	314,16	70	219,91	3848,5	120	376,99	11310
21	65,97	346,36	71	223,05	3959,2	121	380,13	11499
22	69,12	380,13	72	226,19	4071,5	122	383,27	11690
23	72,26	415,48	73	229,34	4185,4	123	386,42	11882
24	75,40	452,39	74	232,48	4300,8	124	389,56	12076
25	78,54	490,87	75	235,62	4417,9	125	392,70	12272
26	81,68	530,93	76	238,76	4536,5	126	395,84	12469
27	84,82	572,56	77	241,90	4656,6	127	398,98	12668
28	87,97	615,75	78	245,04	4778,4	128	402,12	12868
29	91,11	660,52	79	248,19	4901,7	129	405,27	13070
30	94,25	706,86	80	251,33	5026,6	130	408,41	13273
31	97,39	754,77	81	254,47	5153,0	131	411,55	13478
32	100,53	804,25	82	257,61	5281,0	132	414,69	13685
33	103,67	855,30	83	260,75	5410,6	133	417,83	13893
34	106,81	907,92	84	263,89	5541,8	134	420,97	14103
35	109,96	962,11	85	267,04	5674,5	135	424,12	14314
36	113,10	1017,9	86	270,18	5808,8	136	427,26	14527
37	116,24	1075,2	87	273,32	5944,7	137	430,40	14741
38	119,38	1134,1	88	276,46	6082,1	138	433,54	14957
39	122,52	1194,6	89	279,60	6221,1	139	436,68	15175
40	125,66	1256,6	90	282,74	6361,7	140	439,82	15394
41	128,81	1320,3	91	285,88	6503,9	141	442,96	15615
42	131,95	1385,4	92	289,03	6647,6	142	446,11	15837
43	135,09	1452,2	93	292,17	6792,9	143	449,25	16061
44	138,23	1520,5	94	295,31	6939,8	144	452,39	16286
45	141,37	1590,4	95	298,45	7088,2	145	455,53	16513
46	144,51	1661,9	96	301,59	7238,2	146	458,67	16742
47	147,65	1734,9	97	304,73	7389,8	147	461,81	16972
48	150,80	1809,6	98	307,88	7543,0	148	464,96	17203
49	153,94	1885,7	99	311,02	7697,7	149	468,10	17437
50	157,08	1963,5	100	314,16	7854,0	150	471,24	17672
51	160,22	2042,8	101	317,30	8011,9	151	474,38	17908
52	163,36	2123,7	102	320,44	8171,3	152	477,52	18146
53	166,50	2206,2	103	323,58	8332,3	153	480,66	18385
54	169,65	2290,2	104	326,73	8494,9	154	483,81	18627
55	172,79	2375,8	105	329,87	8659,0	155	486,95	18869
56	175,93	2463,0	106	333,01	8824,7	156	490,09	19113
57	179,07	2551,8	107	336,15	8992,0	157	493,23	19359
58	182,21	2642,1	108	339,29	9160,9	158	496,37	19607
59	185,35	2734,0	109	342,43	9331,3	159	499,51	19856

Digitized by Google

n	$n\pi$	$n^2\frac{\pi}{4}$	n	$n\pi$	$n^2\frac{\pi}{4}$	n	$n\pi$	$n^2\frac{\pi}{4}$
160	502,65	20106	180	565,49	25447	200	628,32	31416
161	505,80	20358	181	568,63	25730	201	631,46	31731
162	508,94	20612	182	571,77	26016	202	634,60	32047
163	512,08	20867	183	574,91	26302	203	637,74	32366
164	515,22	21124	184	578,05	26590	204	640,88	32685
165	518,36	21383	185	581,19	26880	205	644,03	33006
166	521,50	21642	186	584,34	27172	206	647,17	33329
167	524,65	21904	187	587,48	27465	207	650,31	33654
168	527,79	22167	188	590,62	27759	208	653,45	33980
169	530,93	22432	189	593,76	28055	209	656,59	34307
170	534,07	22698	190	596,90	28353	210	659,73	34636
171	537,21	22966	191	600,04	28652	211	662,88	34967
172	540,35	23235	192	603,19	28953	212	666,02	35299
173	543,50	23506	193	606,33	29255	213	669,16	35633
174	546,64	23779	194	609,47	29559	214	672,30	35968
175	549,78	24053	195	612,61	29865	215	675,44	36305
176	552,92	24329	196	615,75	30172	216	678,58	36644
177	556,06	24606	197	618,89	30481	217	681,73	36984
178	559,20	24885	198	622,04	30791	218	684,87	37325
179	562,35	25165	199	625,18	31103	219	688,01	37669

V. Tafel der Bogenlängen (alte Theilung) für den Halbmesser = 1.

Grad.	Bogenlänge.	Grad.	Bogenlänge.	Grad.	Bogenlänge.	Grad.	Bogenlänge.	Grad.	Bogenlänge.	Grad.	Bogenlänge.
1	0,01745	31	0,54105	61	1,06465	91	1,58825	121	2,11185	151	2,63545
2	0,03491	32	0,55851	62	1,08210	92	1,60570	122	2,12930	152	2,65290
3	0,05236	33	0,57596	63	1,09956	93	1,62316	123	2,14675	153	2,67035
4	0,06981	34	0,59341	64	1,11701	94	1,64061	124	2,16421	154	2,68781
5	0,08727	35	0,61087	65	1,13446	95	1,65806	125	2,18166	155	2,70526
6	0,10472	36	0,62832	66	1,15192	96	1,67552	126	2,19911	156	2,72271
7	0,12217	37	0,64577	67	1,16937	97	1,69297	127	2,21657	157	2,74017
8	0,13963	38	0,66323	68	1,18682	98	1,71042	128	2,23402	158	2,75762
9	0,15708	39	0,68068	69	1,20428	99	1,72788	129	2,25147	159	2,77507
10	0,17453	40	0,69813	70	1,22173	100	1,74533	130	2,26893	160	2,79253
11	0,19199	41	0,71558	71	1,23918	101	1,76278	131	2,28638	161	2,80998
12	0,20944	42	0,73304	72	1,25664	102	1,78042	132	2,30383	162	2,82743
13	0,22689	43	0,75049	73	1,27409	103	1,79769	133	2,32129	163	2,84489
14	0,24435	44	0,76794	74	1,29154	104	1,81514	134	2,33874	164	2,86234
15	0,26180	45	0,78540	75	1,30900	105	1,83260	135	2,35619	165	2,87979
16	0,27925	46	0,80285	76	1,32645	106	1,85005	136	2,37366	166	2,89725
17	0,29671	47	0,82030	77	1,34390	107	1,86750	137	2,39110	167	2,91470
18	0,31416	48	0,83776	78	1,36136	108	1,88496	138	2,40855	168	2,93215
19	0,33161	49	0,85521	79	1,37881	109	1,90241	139	2,42601	169	2,94961
20	0,34907	50	0,87266	80	1,39626	110	1,91986	140	2,44346	170	2,96706
21	0,36652	51	0,89012	81	1,41372	111	1,93732	141	2,46091	171	2,98451
22	0,38397	52	0,90757	82	1,43117	112	1,95477	142	2,47837	172	3,00197
23	0,40143	53	0,92502	83	1,44862	113	1,97222	143	2,49582	173	3,01942
24	0,41888	54	0,94248	84	1,46608	114	1,98968	144	2,51327	174	3,03687
25	0,43633	55	0,95993	85	1,48353	115	2,00713	145	2,53073	175	3,05433
26	0,45379	56	0,97738	86	1,50098	116	2,02458	146	2,54818	176	3,07178
27	0,47124	57	0,99484	87	1,51844	117	2,04204	147	2,56563	177	3,08923
28	0,48869	58	1,01229	88	1,53589	118	2,05949	148	2,58309	178	3,10669
29	0,50615	59	1,02974	89	1,55334	119	2,07694	149	2,60054	179	3,12414
30	0,52360	60	1,04720	90	1,57080	120	2,09440	150	2,61799	180	3,14159

Min.	Bogenlänge.	Min.	Bogenlänge.	Min.	Bogenlänge.	Min.	Bogenlänge.	Min.	Bogenlänge.	Min.	Bogenlänge.
1	0,00029	11	0,00320	21	0,00611	31	0,00902	41	0,01193	51	0,01484
2	0,00058	12	0,00349	22	0,00640	32	0,00931	42	0,01222	52	0,01513
3	0,00087	13	0,00378	23	0,00669	33	0,00960	43	0,01251	53	0,01542
4	0,00116	14	0,00407	24	0,00698	34	0,00989	44	0,01280	54	0,01571
5	0,00145	15	0,00436	25	0,00727	35	0,01018	45	0,01309	55	0,01600
6	0,00175	16	0,00465	26	0,00756	36	0,01047	46	0,01338	56	0,01629
7	0,00204	17	0,00495	27	0,00785	37	0,01076	47	0,01367	57	0,01658
8	0,00233	18	0,00524	28	0,00814	38	0,01105	48	0,01396	58	0,01687
9	0,00262	19	0,00553	29	0,00844	39	0,01134	49	0,01425	59	0,01716
10	0,00291	20	0,00582	30	0,00873	40	0,01164	50	0,01454	60	0,01745

arc $1^0 = 0{,}01745329$; arc $1' = 0{,}0002909$; arc $1'' = 0{,}0000048$.

VI. Tafel der Sehnen und Bogenhöhen für den Halbmesser = 1.

Grad.	Sehne.	Bogenhöhe.	Grad.	Sehne.	Bogenhöhe.	Grad.	Sehne.	Bogenhöhe.	Grad.	Sehne.	Bogenhöhe.
1	0,0175	0,0000	36	0,6180	0,0489	71	1,1614	0,1859	106	1,5972	0,3982
2	0,0349	0,0002	37	0,6346	0,0517	72	1,1755	0,1910	107	1,6077	0,4052
3	0,0524	0,0003	38	0,6511	0,0545	73	1,1896	0,1961	108	1,6180	0,4122
4	0,0698	0,0006	39	0,6676	0,0574	74	1,2036	0,2014	109	1,6282	0,4193
5	0,0872	0,0010	40	0,6840	0,0603	75	1,2175	0,2066	110	1,6383	0,4264
6	0,1047	0,0014	41	0,7004	0,0633	76	1,2313	0,2120	111	1,6483	0,4336
7	0,1221	0,0019	42	0,7167	0,0664	77	1,2450	0,2174	112	1,6581	0,4408
8	0,1395	0,0024	43	0,7330	0,0696	78	1,2586	0,2229	113	1,6678	0,4481
9	0,1569	0,0031	44	0,7492	0,0728	79	1,2722	0,2284	114	1,6773	0,4554
10	0,1743	0,0038	45	0,7654	0,0761	80	1,2856	0,2340	115	1,6868	0,4627
11	0,1917	0,0046	46	0,7815	0,0795	81	1,2989	0,2396	116	1,6961	0,4701
12	0,2091	0,0055	47	0,7975	0,0829	82	1,3121	0,2453	117	1,7053	0,4775
13	0,2264	0,0064	48	0,8135	0,0865	83	1,3252	0,2510	118	1,7143	0,4850
14	0,2437	0,0075	49	0,8294	0,0900	84	1,3383	0,2569	119	1,7233	0,4925
15	0,2611	0,0086	50	0,8452	0,0937	85	1,3512	0,2627	120	1,7321	0,5000
16	0,2783	0,0097	51	0,8610	0,0974	86	1,3640	0,2686	121	1,7407	0,5076
17	0,2956	0,0110	52	0,8767	0,1012	87	1,3767	0,2746	122	1,7492	0,5152
18	0,3129	0,0123	53	0,8924	0,1051	88	1,3893	0,2807	123	1,7576	0,5228
19	0,3301	0,0137	54	0,9080	0,1090	89	1,4018	0,2867	124	1,7659	0,5305
20	0,3473	0,0152	55	0,9235	0,1130	90	1,4142	0,2929	125	1,7740	0,5383
21	0,3645	0,0167	56	0,9389	0,1171	91	1,4265	0,2991	126	1,7820	0,5460
22	0,3816	0,0184	57	0,9543	0,1212	92	1,4387	0,3053	127	1,7899	0,5538
23	0,3987	0,0201	58	0,9696	0,1254	93	1,4507	0,3116	128	1,7976	0,5616
24	0,4158	0,0219	59	0,9848	0,1296	94	1,4627	0,3180	129	1,8052	0,5695
25	0,4329	0,0237	60	1,0000	0,1340	95	1,4746	0,3244	130	1,8126	0,5774
26	0,4499	0,0256	61	1,0151	0,1384	96	1,4863	0,3309	131	1,8199	0,5853
27	0,4669	0,0276	62	1,0301	0,1428	97	1,4979	0,3374	132	1,8271	0,5933
28	0,4838	0,0297	63	1,0450	0,1474	98	1,5094	0,3439	133	1,8341	0,6013
29	0,5008	0,0319	64	1,0598	0,1520	99	1,5208	0,3506	134	1,8410	0,6093
30	0,5176	0,0341	65	1,0746	0,1566	100	1,5321	0,3572	135	1,8478	0,6173
31	0,5345	0,0364	66	1,0893	0,1613	101	1,5432	0,3639	136	1,8544	0,6254
32	0,5512	0,0387	67	1,1039	0,1661	102	1,5543	0,3707	137	1,8608	0,6335
33	0,5680	0,0412	68	1,1184	0,1710	103	1,5652	0,3775	138	1,8672	0,6416
34	0,5847	0,0437	69	1,1328	0,1759	104	1,5760	0,3843	139	1,8733	0,6498
35	0,6014	0,0463	70	1,1472	0,1808	105	1,5867	0,3912	140	1,8794	0,6580

Digitized by Google

Grad.	Sehne.	Bogenhöhe.	Grad.	Sehne.	Bogenhöhe.	Grad.	Sehne.	Bogenhöhe.	Grad.	Sehne.	Bogenhöhe.
141	1,8853	0,6662	151	1,9363	0,7496	161	1,9726	0,8350	171	1,9938	0,9215
142	1,8910	0,6744	152	1,9406	0,7581	162	1,9754	0,8436	172	1,9951	0,9302
143	1,8966	0,6827	153	1,9447	0,7666	163	1,9780	0,8522	173	1,9963	0,9390
144	1,9021	0,6910	154	1,9487	0,7750	164	1,9805	0,8608	174	1,9973	0,9477
145	1,9074	0,6993	155	1,9526	0,7836	165	1,9829	0,8695	175	1,9981	0,9564
146	1,9126	0,7076	156	1,9563	0,7921	166	1,9851	0,8781	176	1,9988	0,9651
147	1,9176	0,7160	157	1,9598	0,8006	167	1,9871	0,8868	177	1,9993	0,9738
148	1,9225	0,7244	158	1,9632	0,8092	168	1,9890	0,8955	178	1,9997	0,9825
149	1,9273	0,7328	159	1,9665	0,8178	169	1,9908	0,9042	179	1,9999	0,9913
150	1,9319	0,7412	160	1,9696	0,8264	170	1,9924	0,9128	180	2,0000	1,0000

VII. Tafel der trigonometrischen Zahlen.

Grad.	Sinus. 0′	10′	20′	30′	40′	50′		Grad.	Cosinus. 0′	10′	20′	30′	40′	50′	
0	0,000	0,003	0,006	0,009	0,012	0,015	89	0	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	89
1	0,017	0,020	0,023	0,026	0,029	0,032	88	1	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,999	88
2	0,035	0,038	0,041	0,044	0,047	0,049	87	2	0,999	0,999	0,999	0,999	0,999	0,999	87
3	0,052	0,055	0,058	0,061	0,064	0,067	86	3	0,999	0,998	0,998	0,998	0,998	0,998	86
4	0,070	0,073	0,076	0,078	0,081	0,084	85	4	0,998	0,997	0,997	0,997	0,997	0,996	85
5	0,087	0,090	0,093	0,096	0,099	0,102	84	5	0,996	0,996	0,996	0,995	0,995	0,995	84
6	0,105	0,107	0,110	0,113	0,116	0,119	83	6	0,995	0,994	0,994	0,994	0,993	0,993	83
7	0,122	0,125	0,128	0,131	0,133	0,136	82	7	0,993	0,992	0,992	0,991	0,991	0,991	82
8	0,139	0,142	0,145	0,148	0,151	0,154	81	8	0,990	0,990	0,989	0,989	0,989	0,988	81
9	0,156	0,159	0,162	0,165	0,168	0,171	80	9	0,988	0,987	0,987	0,986	0,986	0,985	80
10	0,174	0,177	0,179	0,182	0,185	0,188	79	10	0,985	0,984	0,984	0,983	0,983	0,982	79
11	0,191	0,194	0,197	0,199	0,202	0,205	78	11	0,982	0,981	0,981	0,980	0,979	0,979	78
12	0,208	0,211	0,214	0,216	0,219	0,222	77	12	0,978	0,978	0,977	0,976	0,976	0,975	77
13	0,225	0,228	0,231	0,233	0,236	0,239	76	13	0,974	0,974	0,973	0,972	0,972	0,971	76
14	0,242	0,245	0,248	0,250	0,253	0,256	75	14	0,970	0,970	0,969	0,968	0,967	0,967	75
15	0,259	0,262	0,264	0,267	0,270	0,273	74	15	0,966	0,965	0,964	0,964	0,963	0,962	74
16	0,276	0,278	0,281	0,284	0,287	0,290	73	16	0,961	0,960	0,960	0,959	0,958	0,957	73
17	0,292	0,295	0,298	0,301	0,303	0,306	72	17	0,956	0,955	0,955	0,954	0,953	0,952	72
18	0,309	0,312	0,315	0,317	0,320	0,323	71	18	0,951	0,950	0,949	0,948	0,947	0,946	71
19	0,326	0,328	0,331	0,334	0,337	0,339	70	19	0,946	0,945	0,944	0,943	0,942	0,941	70
20	0,342	0,345	0,347	0,350	0,353	0,356	69	20	0,940	0,939	0,938	0,937	0,936	0,935	69
21	0,358	0,361	0,364	0,367	0,369	0,372	68	21	0,934	0,933	0,931	0,930	0,929	0,928	68
22	0,375	0,377	0,380	0,383	0,385	0,388	67	22	0,927	0,926	0,925	0,924	0,923	0,922	67
23	0,391	0,393	0,396	0,399	0,401	0,404	66	23	0,921	0,919	0,918	0,917	0,916	0,915	66
24	0,407	0,409	0,412	0,415	0,417	0,420	65	24	0,914	0,912	0,911	0,910	0,909	0,908	65
25	0,423	0,425	0,428	0,431	0,433	0,436	64	25	0,906	0,905	0,904	0,903	0,901	0,900	64
26	0,438	0,441	0,444	0,446	0,449	0,451	63	26	0,899	0,898	0,896	0,895	0,894	0,892	63
27	0,454	0,457	0,459	0,462	0,464	0,467	62	27	0,891	0,890	0,888	0,887	0,886	0,884	62
28	0,469	0,472	0,475	0,477	0,480	0,482	61	28	0,883	0,882	0,880	0,879	0,877	0,876	61
29	0,485	0,487	0,490	0,492	0,495	0,497	60	29	0,875	0,873	0,872	0,870	0,869	0,867	60
30	0,500	0,503	0,505	0,508	0,510	0,513	59	30	0,866	0,865	0,863	0,862	0,860	0,859	59
31	0,515	0,518	0,520	0,522	0,525	0,527	58	31	0,857	0,856	0,854	0,853	0,851	0,850	58
32	0,530	0,532	0,535	0,537	0,540	0,542	57	32	0,848	0,847	0,845	0,843	0,842	0,840	57
33	0,545	0,547	0,550	0,552	0,554	0,557	56	33	0,839	0,837	0,835	0,834	0,832	0,831	56
34	0,559	0,562	0,564	0,566	0,569	0,571	55	34	0,829	0,827	0,826	0,824	0,822	0,821	55
35	0,574	0,576	0,578	0,581	0,583	0,585	54	35	0,819	0,817	0,816	0,814	0,812	0,811	54
36	0,588	0,590	0,592	0,595	0,597	0,599	53	36	0,809	0,807	0,806	0,804	0,802	0,800	53
37	0,602	0,604	0,606	0,609	0,611	0,613	52	37	0,799	0,797	0,795	0,793	0,792	0,790	52
38	0,616	0,618	0,620	0,623	0,625	0,627	51	38	0,788	0,786	0,784	0,783	0,781	0,779	51
39	0,629	0,632	0,634	0,636	0,638	0,641	50	39	0,777	0,775	0,773	0,772	0,770	0,768	50
40	0,643	0,645	0,647	0,649	0,652	0,654	49	40	0,766	0,764	0,762	0,760	0,759	0,757	49
41	0,656	0,658	0,660	0,663	0,665	0,667	48	41	0,755	0,753	0,751	0,749	0,747	0,745	48
42	0,669	0,671	0,673	0,676	0,678	0,680	47	42	0,743	0,741	0,739	0,737	0,735	0,733	47
43	0,682	0,684	0,686	0,688	0,690	0,693	46	43	0,731	0,729	0,727	0,725	0,723	0,721	46
44	0,695	0,697	0,699	0,701	0,703	0,705	45	44	0,719	0,717	0,715	0,713	0,711	0,709	45
45	0,707						44	45	0,707						44
	60′	50′	40′	30′	20′	10′	G.		60′	50′	40′	30′	20′	10′	G.
	Cosinus.								Sinus.						

Digitized by Google

Grad	Tangens. 0′	10′	20′	30′	40′	50′		Grad.	Cotangens. 0′	10′	20′	30′	40′	50′	
0	0,009	0,003	0,006	0,009	0,012	0,015	89	0	∞	343,8	171,9	114,6	85,94	68,75	89
1	0,017	0,020	0,023	0,026	0,029	0,032	88	1	57,29	49,10	42,96	38,19	34,37	31,24	88
2	0,035	0,038	0,041	0,044	0,047	0,049	87	2	28,64	26,43	14,54	22,90	21,47	20,21	87
3	0,052	0,055	0,058	0,061	0,064	0,067	86	3	19,08	18,07	27,17	16,35	15,60	14,92	86
4	0,070	0,073	0,076	0,079	0,082	0,085	85	4	14,30	13,73	13,20	12,71	12,25	11,83	85
5	0,087	0,090	0,093	0,096	0,099	0,102	84	5	11,43	11,06	10,71	10,39	10,08	9,788	84
6	0,105	0,108	0,111	0,114	0,117	0,120	83	6	9,514	9,255	9,010	8,777	8,556	8,345	83
7	0,123	0,126	0,129	0,132	0,135	0,138	82	7	8,144	7,953	7,770	7,596	7,429	7,269	82
8	0,141	0,144	0,146	0,149	0,152	0,155	81	8	7,115	6,968	6,827	6,691	6,561	6,435	81
9	0,158	0,161	0,164	0,167	0,170	0,173	80	9	6,314	6,197	6,084	5,976	5,871	5,769	80
10	0,176	0,179	0,182	0,185	0,188	0,191	79	10	5,671	5,576	5,485	5,396	5,309	5,226	79
11	0,194	0,197	0,200	0,203	0,206	0,210	78	11	5,145	5,066	4,989	4,915	4,843	4,773	78
12	0,213	0,216	0,219	0,222	0,225	0,228	77	12	4,705	4,638	4,574	4,511	4,449	4,390	77
13	0,231	0,234	0,237	0,240	0,243	0,246	76	13	4,331	4,275	4,219	4,165	4,113	4,061	76
14	0,249	0,252	0,256	0,259	0,262	0,265	75	14	4,011	3,962	3,914	3,867	3,821	3,776	75
15	0,268	0,271	0,274	0,277	0,280	0,284	74	15	3,732	3,689	3,647	3,606	3,566	3,526	74
16	0,287	0,290	0,293	0,296	0,299	0,303	73	16	3,487	3,450	3,412	3,376	3,340	3,305	73
17	0,306	0,309	0,312	0,315	0,318	0,322	72	17	3,271	3,237	3,204	3,172	3,140	3,108	72
18	0,325	0,328	0,331	0,335	0,338	0,341	71	18	3,078	3,047	3,018	2,989	2,960	2,932	71
19	0,344	0,348	0,351	0,354	0,357	0,361	70	19	2,904	2,877	2,850	2,824	2,798	2,773	70
20	0,364	0,367	0,371	0,374	0,377	0,381	69	20	2,747	2,723	2,699	2,675	2,651	2,638	69
21	0,384	0,387	0,391	0,394	0,397	0,401	68	21	2,605	2,583	2,560	2,539	2,517	2,496	68
22	0,404	0,407	0,411	0,414	0,418	0,421	67	22	2,475	2,455	2,434	2,414	2,394	2,375	67
23	0,424	0,428	0,431	0,435	0,438	0,442	66	23	2,356	2,337	2,318	2,300	2,282	2,264	66
24	0,445	0,449	0,452	0,456	0,459	0,463	65	24	2,246	2,229	2,211	2,194	2,177	2,161	65
25	0,466	0,470	0,473	0,477	0,481	0,484	64	25	2,145	2,128	2,112	2,079	2,081	2,066	64
26	0,488	0,491	0,495	0,499	0,502	0,506	63	26	2,050	2,035	2,020	2,006	1,991	1,977	63
27	0,510	0,513	0,517	0,521	0,524	0,528	62	27	1,963	1,949	1,935	1,921	1,907	1,894	62
28	0,532	0,535	0,539	0,543	0,547	0,551	61	28	1,881	1,868	1,855	1,842	1,829	1,816	61
29	0,554	0,558	0,562	0,566	0,570	0,573	60	29	1,804	1,792	1,780	1,767	1,756	1,744	60
30	0,577	0,581	0,585	0,589	0,593	0,597	59	30	1,732	1,720	1,709	1,698	1,686	1,675	59
31	0,601	0,605	0,609	0,613	0,617	0,621	58	31	1,664	1,653	1,643	1,632	1,621	1,611	58
32	0,625	0,629	0,633	0,637	0,641	0,645	57	32	1,600	1,590	1,580	1,570	1,560	1,550	57
33	0,649	0,654	0,658	0,662	0,666	0,670	56	33	1,540	1,530	1,520	1,511	1,501	1,492	56
34	0,675	0,679	0,683	0,687	0,692	0,696	55	34	1,483	1,473	1,464	1,455	1,446	1,437	55
35	0,700	0,705	0,709	0,713	0,718	0,722	54	35	1,428	1,419	1,411	1,402	1,393	1,385	54
36	0,727	0,731	0,735	0,740	0,744	0,749	53	36	1,376	1,368	1,360	1,351	1,343	1,335	53
37	0,754	0,758	0,763	0,767	0,772	0,777	52	37	1,327	1,319	1,311	1,303	1,295	1,288	52
38	0,781	0,786	0,791	0,795	0,800	0,805	51	38	1,280	1,272	1,265	1,257	1,250	1,242	51
39	0,810	0,815	0,819	0,824	0,829	0,834	50	39	1,235	1,228	1,220	1,213	1,206	1,199	50
40	0,839	0,844	0,849	0,854	0,859	0,864	49	40	1,192	1,185	1,178	1,171	1,164	1,157	49
41	0,869	0,874	0,880	0,885	0,890	0,895	48	41	1,150	1,144	1,137	1,130	1,124	1,117	48
42	0,900	0,906	0,911	0,916	0,922	0,927	47	42	1,111	1,104	1,098	1,091	1,085	1,079	47
43	0,933	0 938	0,943	0,949	0,955	0,960	46	43	1,072	1,066	1,060	1,054	1,048	1,042	46
44	0,966	0,971	0,977	0,983	0,988	0,994	45	44	1,036	1,030	1,024	1,018	1,012	1,006	45
45	1,000						44	45	1,000						44
	60′	50′	40′	30′	20′	10′	G.		60′	50′	40′	30′	20′	10′	G.
	Cotangens.								Tangens.						

Digitized by Google

VIII. Maass- und Gewichts-Tafeln.

A. Das metrische Maass.

1 Meter (m) = 100 Centimeter (cm) = 1000 Millimeter (mm) = 0,001 Kilometer (km). 1 Quadratkilometer (qkm) = 100 Hektar (ha). 1 ha = 100 Ar (a). 1 a = 100 Quadratmeter (qm). 1 qm = 10000 Quadratcentimeter (qcm). 1 qcm = 100 Quadratmillimeter (qmm).

1 Cubikmeter (cbm) = 10 Hectoliter (hl). 1 hl = 100 Liter (l) 1 l = 1000 Cubikcentimeter (ccm). 1 ccm. = 1000 Cubikmillimeter (cmm).

1 Tonne (t) = 1000 Kilogramm (kg). 1 kg = 1000 Gramm (g). 1 g = 1000 Milligramm (mg).

1 Pferdestärke (Pferdeeffect) (PS) = 75 Meterkilogramm (mkg).

1 Atmosphärendruck (at) = 1,0334 kg pr. qcm.

Bei den Zeichen werden Schlusspunkte nicht beigefügt.

Die Buchstaben werden an das Ende der vollständigen Zahlenausdrücke gesetzt. Zur Trennung der Einerstellen von den Decimalstellen dient das Komma.

Das metrische Maass gilt im Deutschen Reiche, in Oesterreich, Frankreich, den Niederlanden, Norwegen, Belgien, Schweiz, Luxemburg, Italien, Griechenland, Rumänien, Serbien, Spanien und Portugal, sowie den meisten südamerikanischen Republiken. Es ist in der Einführung begriffen oder zugelassen in Grossbritannien, Schweden, Dänemark, Türkei.

B. Maasse und Gewichte verschiedener Länder im Vergleiche mit dem Meter-System.

1. Ruthen-Maasse.	lfd. Ruthen etc. enthalten Met.	□ Ruthen etc. enthalten qm	Cub.- Ruthen etc. enthalten cb^m	Dm enthalten lfd. Ruthen etc.	q^{Dm} enthalten □ Ruthen etc.	cb^{Dm} enthalten Cub.- Ruthen etc.	2. Feld-Maasse.	Morgen etc. in Ar.	Hektar in Morgen etc.
Badisch. Rth. 10′	3,00	9,00	27,00	3,33	11,11	37,04	Bad. Morg.	36,00	2,778
Bayrische « 10′	2,92	8,52	24,86	3,43	11,74	40,22	Bayr. Tagew.	34,07	2,935
Brnschw. « 16′	4,57	20,8	95,18	2,19	4,797	10,51	Brnschw. Fld.M.	25,02	3,997
Frkf. Feldr. $12^1/_2$′	3,56	12,7	45,03	2,81	7,901	22,21	« Wld.-Mrg.	33,35	2,998
« Wald-R.	4,51	20,3	—	2,22	4,915	—	Frankf. Fld.-M.	20,25	4,938
Hmb. Geestr. 16′	4,59	21,0	96,40	2,18	4,757	10,37	« Wld.-Mrg.	32,56	3,072
« Marschr. 14′	4,01	16,1	—	2,49	6,213	—	Hamb. Mrg.	96,58	1,035
Hannov. Rth. 16′	4,67	21,8	102,1	2,14	4,578	9,796	Hannov. Mrg.	26,21	3,815
H.-Dmst. Klft. 10′	2,50	6,25	15,63	4,00	16,00	64,00	Hess.-Drmst. M.	25,00	4,000
Homburg. Rth.	3,45	11,9	—	2,90	8,393	—	Homb. Morg.	19,06	5,245
Kurhss. Kat.-R.	3,99	15,9	—	2,51	6,285	—	Kurhess. Acker	23,87	4,190
Lübeck. Rth. 16′	4,60	21,2	—	2,17	4,722	—	Mecklenb. M.	65,04	1,538
Mecklenb. Rth.	4,66	21,7	—	2,15	4,613	—	Oldnb. neu Jück	45,38	2,203
Nass. Rth. 10′	5,00	25,0	—	2,00	4,000	—	« alt Jück	56,03	1,785
Oldenb. Rth. 18′	5,33	28,4	—	1,88	3,526	—	Preuss. Mrg.	25,53	3,917
« Kat.-R. 10′	2,96	8,75	—	3,38	11,42	—	Sächs. Acker.	55,34	1,807
Preuss. Rth. 12′	3,77	14,2	53,42	2,66	7,050	18,72	Weimar. Acker.	28,50	3,509
Sächs. Rth. $15^1/_6$′	4,30	18,4	—	2,33	5,421	—	Württembrg. M.	31,52	3,173
S.-Weim. R. 16′	4,51	20,4	—	2,22	4,913	—	Oestr. Joch	57,55	1,738
Würtmb. R. 10′	2,86	8,21	23,51	3,49	12,18	42,53	Engl. Acre	40,47	2,471
Oestr. Klftr. 6′	1,90	3,60	6,821	5,27	27,80	146,6	Russ. Dessiatine	109,3	0,915
« Ing.-Rth. 10′	3,16	9,99	—	3,16	10,01	—			
Dänische R. 10′	3,14	9,85	30,92	3,19	10,15	32,35			
Engl. Rth. $16^1/_2$′	5,03	25,3	127,2	1,99	3,954	7,862			
« Yard 3′	0,91	0,84	0,765	10,9	119,6	1308			
Russ. Saschen 7′	2,13	4,55	9,712	4,69	21,97	103,0			
Pariser Toise 6′	1,95	3,80	7,404	5,13	26,32	135,1			

Das nassauische Feldmaass ist dem hess.-darmst. gleich; in Lübeck und in Dänemark wird das Land nach dem Maass d. Aussaat berechnet; in Schleswig-Holstein sind verschiedene Lokal-Feldm. in Gebrauch.

3. Meilen.	1 Meile = Kilometer.	1 Kilometer = Meilen.
Geographische Meilen (15 = 1° d. Aequat.) . .	7,420439	0,134763
See-Meilen (60 = 1° d. Merid.)	1,851852	0,540000
Baden, 1 Meile = 29629,6 Fuss	8,888889	0,112500
" 1 Wegstunde = 1500 Ruthen	4,500000	0,222222
Bayern, 1 Meile = 2 Wegstunden = 25422 Fuss	7,419644	0,134816
Braunschweig, 1 Meile = 1625 Ruthen	7,419422	0,134781
Hannover, 1 Meile = 1587½ Ruthen	7,419205	0,134785
Preussen, 1 Meile = 2000 Ruthen	7,532485	0,132758
Sachsen, 1 Meile = 32000 Fuss	9,062080	0,110350
Württemberg, 1 Meile = 26000 Fuss	7,448748	0,134251
Oesterreich, 1 Meile = 4000 Klafter	7,585936	0,131823
Schweiz, 1 Wegstunde = 16000 Fuss	4,800000	0,208333
England, 1 Meile = 5280 Fuss	1,609315	0,621382
" 1 Londoner Meile = 5000 Fuss . . .	1,523972	0,656180
Russland, 1 Werst = 500 Saschen	1,066781	0,937400
Schweden, 1 Meile = 36000 Fuss	10,688436	0,093560

Die Schiffsgeschwindigkeit wird nach Knoten bestimmt und zwar durchläuft ein Schiff so viele Seemeilen in einer Stunde als Knoten angegeben werden.

4. Verwandlung metrischer Maasse in alte Preussische. Meter in Fuss. ($1^m = 3{,}1861999'$.)

M.	—	1	2	3	4	5	6	7	8	9
—	0	3,19	6,37	9,56	12,74	15,93	19,12	22,30	25,49	28,68
10	31,86	35,05	38,23	41,42	44,61	47,79	50,98	54,17	57,35	60,54
20	63,72	66,91	70,10	73,28	76,47	79,65	82,84	86,03	89,21	92,40
30	95,59	98,77	101,96	105,14	108,33	111,52	114,70	117,89	121,08	124,26
40	127,45	130,63	133,82	137,01	140,19	143,38	146,57	149,75	152,94	156,12
50	159,31	162,50	165,68	168,87	172,05	175,24	178,43	181,61	184,80	187,99
60	191,17	194,36	197,54	200,73	203,92	207,10	210,29	213,48	216,66	219,85
70	223,03	226,22	229,41	232,59	235,78	238,96	242,15	245,34	248,52	251,71
80	254,90	258,08	261,27	264,45	267,64	270,83	274,01	277,20	280,39	283,57
90	286,76	289,94	293,13	296,32	299,50	302,69	305,88	309,06	312,25	315,43

5. Verwandlung alter preussischer Maasse in Metermaass Fuss und Zoll in Meter. ($1' = 0{,}31385350^m$.)

Fss.	—	1″	2″	3″	4″	5″	6″	7″	8″	9″	10″	11″
—	0	0,026	0,052	0,078	0,105	0,131	0,157	0,183	0,209	0,235	0,262	0,288
1	0,314	0,340	0,366	0,392	0,418	0,445	0,471	0,497	0,523	0,549	0,575	0,602
2	0,628	0,654	0,680	0,706	0,732	0,758	0,785	0,811	0,837	0,863	0,889	0,915
3	0,942	0,968	0,994	1,020	1,046	1,072	1,098	1,125	1,151	1,177	1,203	1,229
4	1,255	1,282	1,308	1,334	1,360	1,386	1,412	1,438	1,465	1,491	1,517	1,543
5	1,569	1,595	1,622	1,648	1,674	1,700	1,726	1,752	1,779	1,805	1,831	1,857
6	1,883	1,909	1,935	1,962	1,988	2,014	2,040	2,066	2,092	2,119	2,145	2,171
7	2,197	2,223	2,249	2,275	2,302	2,328	2,354	2,380	2,406	2,432	2,459	2,485
8	2,511	2,537	2,563	2,589	2,615	2,642	2,668	2,694	2,720	2,746	2,772	2,799
9	2,825	2,851	2,877	2,903	2,929	2,955	2,982	3,008	3,034	3,060	3,086	3,112

Fss.	Meter.	Fss.	Meter.	Fss.	Meter.	Fss.	Meter.	Fss.	Meter.	Fss.	Meter
10	3,139	19	5,963	28	8,788	37	11,613	46	14,437	55	17,262
11	3,452	20	6,277	29	9,102	38	11,926	47	14,751	56	17,576
12	3,766	21	6,591	30	9,416	39	12,240	48	15,065	57	17,890
13	4,080	22	6,905	31	9,729	40	12,554	49	15,379	58	18,204
14	4,394	23	7,219	32	10,043	41	12,868	50	15,693	59	18,517
15	4,708	24	7,532	33	10,357	42	13,182	51	16,007	60	18,831
16	5,022	25	7,846	34	10,671	43	13,496	52	16,320	61	19,145
17	5,336	26	8,160	35	10,985	44	13,810	53	16,634	62	19,459
18	5,649	27	8,474	36	11,299	45	14,123	54	16,948	63	19,773

Digitized by Go

Quadratfuss in Quadrat-Meter. (1 □′ = 0,09850402 qm.)

Q.-F.	—	1	2	3	4	5	6	7	8	9
—	0	0,099	0,197	0,296	0,394	0,493	0,591	0,690	0,788	0,887
10	0,985	1,084	1,182	1,281	1,379	1,478	1,576	1,675	1,773	1,872
20	1,970	2,069	2,167	2,266	2,364	2,463	2,561	2,660	2,758	2,857
30	2,955	3,054	3,152	3,251	3,349	3,448	3,546	3,645	3,743	3,842
40	3,940	4,039	4,137	4,236	4,334	4,433	4,531	4,630	4,728	4,827
50	4,925	5,024	5,122	5,221	5,319	5,418	5,516	5,615	5,713	5,812
60	5,910	6,009	6,107	6,206	6,304	6,403	6,501	6,600	6,698	6,797
70	6,890	6,994	7,092	7,191	7,289	7,388	7,486	7,585	7,683	7,782
80	7,885	7,979	8,077	8,176	8,274	8,373	8,471	8,570	8,668	8,767
90	8,865	8,964	9,062	9,161	9,259	9,358	9,456	9,555	9,653	9,752

6. **Verhältnisszahlen für die Umrechnung der verschiedenen Landes-Fusse und -Zolle in Metermaass und umgekehrt.**

Namen der Länder, Provinzen und Städte.	Landesmaasse. Eintheilung. Zoll.	1 Fuss enthält m.	1 Zoll enthält cm.	1^m enthält Fuss.	1^{cm} enthält Zoll.
Baden, Nassau u. Schweiz	10	0,30000	3,000	3,3333	0,3333
Bayern	12	0,29186	2,432	3,4263	0,4112
Rheinbayern	12	0,33333	2,778	3,0000	0,3600
Braunschweig	12	0,28536	2,378	3,5043	0,4205
Bremen	12	0,28935	2,411	3,4560	0,4147
Frankfurt a. M.	12	0,28461	2,372	3,5136	0,4216
Hamburg	12	0,28642	2,387	3,4895	0,4187
Hannover	12	0,29210	2,434	3,4235	0,4108
Hessen-Darmstadt	10	0,25000	2,500	4,0000	0,4000
Kurhessen	12	0,28770	2,398	3,4767	0,4171
Lübeck	12	0,28762	2,397	3,4768	0,4172
Oldenburg	12	0,29588	2,466	3,3798	0,4056
Preussen	12	0,31385	2,615	3,1862	0,3823
Sachsen	12	0,28319	2,360	3,5312	0,4237
Sachsen-Weimar	12	0,282	2,350	3,546	0,426
Württemberg	10	0,28649	2,865	3,4905	0,3491
Oesterreich (Wien)	12	0,31610	2,634	3,1634	0,3796
England	12	0,30479	2,540	3,2809	0,3937
Frankreich (Paris)	12	0,32484	2,707	3,0784	0,3694
Rumänien, 1 Palma	10	0,19620	1,962	5,0970	0,5097
Schweden	10	0,29690	2,969	3,3681	0,3368

7. **Verhältnisszahlen für die Umrechnung der verschiedenen Landes-Quadrat-Fusse und -Zolle in Quadrat-Metermaass und umgekehrt.**

Namen der Länder, Provinzen und Städte.	Landesmaasse. Eintheilung. Zoll.	1 □Fuss enthält qm.	1 □Zoll enthält qcm.	1 qm enthält □Fuss.	1 qcm enthält □Zoll.
Baden und Schweiz	10	0,0900	9,0000	11,1111	0,1111
Bayern	12	0,0852	5,9154	11,7396	0,1691
Rheinbayern	12	0,1111	7,7153	9,0000	0,1296
Braunschweig	12	0,0814	5,6550	12,2802	0,1768
Hannover	12	0,0853	5,9250	11,7206	0,1696
Hessen-Darmstadt	10	0,0625	6,2500	16,0000	0,1600
Preussen	12	0,0985	6,8406	10,1519	0,1462
Sachsen	12	0,0802	5,5692	12,4694	0,1796
Württemberg	10	0,0821	8,2077	12,1837	0,1218
Oesterreich (Wien)	12	0,0999	6,9393	10,0079	0,1441
England	12	0,0929	6,4514	10,7642	0,1550
Frankreich (Paris)	12	0,1055	7,3278	9,4768	0,1364
Schweden	10	0,0882	8,8150	11,3443	0,1134

Digitized by Google

8. Verhältnisszahlen für die Umrechnung der verschiedenen Landes-Cubik-Fusse und -Zolle in Cubik-Metermaass und umgekehrt.

Namen der Länder, Provinzen und Städte.	Landesmaasse. Eintheilung. Zoll.	1 Cub.-Fuss enthält cbm.	1 Cub.-Zoll enthält ccm.	1 cbm enthält Cubik-Fuss.	1 ccm enthält Cubik-Zoll.
Baden und Schweiz . .	10	0,02700	27,000	37,0370	0,037
Bayern	12	0,02486	14,386	40,2235	0,069
Rheinbayern	12	0,03704	21,433	27,0000	0,047
Braunschweig	12	0,02324	13,449	43,0338	0,074
Hannover	12	0,02492	14,421	40,1257	0,069
Hessen-Darmstadt . . .	10	0,01563	15,63	64,0000	0,064
Kurhessen	12	0,02381	16,674	41,9938	0,073
Preussen	12	0,03092	17,893	32,3459	0,055
Sachsen	12	0,02271	13,142	44,0318	0,076
Württemberg	10	0,02351	23,51	42,5275	0,043
Oesterreich (Wien) . . .	12	0,03159	18,281	31,6604	0,054
England	12	0,02832	16,388	35,3161	0,061
Frankreich (Paris) . . .	12	0,03428	19,832	29,1738	0,050
chweden	10	0,02617	26,17	38,2090	0,038

Anmerkung. Von den angeführten Maassen sind in den betreffenden Ländern nur noch das Englische und Schwedische im Gebrauch, die andern durch das Metermaass ersetzt. In Dänemark und Norwegen gilt das bisherige Preussische Fussmaass, welches auch in Anhalt und neben dem Hamburgischen Maass in Mecklenburg und Schleswig-Holstein im Gebrauch war; letztere Herzogthümer besassen ausserdem mehrere eigene Maasse. Der Badische Fuss (0,3 m), welcher auch in Nassau eingeführt war, gilt noch in der Schweiz, der Englische Fuss in Russland und Nordamerika.

9. Hohlmaasse.

Länder.	Getreide-Maass	= Liter	1 Hektoliter =
Baden	Malter . . .	150,00	0,6667
Bayern	Scheffel . . .	222,36	0,4497
Braunschweig	Himten . . .	31,15	3,2108
Hannover	« . . .	31,15	3,2101
Hessen-Darmstadt . .	Malter . . .	128,00	0,7813
Kurhessen	Viertel . . .	160,74	0,6221
Preussen	Scheffel . . .	55,00	1,8194
Sachsen	« . . .	105,14	0,9511
Württemberg	« . . .	177,23	0,5643
Oesterreich	Metzen . . .	61,49	1,6264
England	Bushel . . .	36,35	2,7512
Russland	Tschetwerik .	26,24	3,8113

Länder.	Gr. Flüssigkeitsmaasse	= Liter.	1 hl =	Kl. Flüssigkeitsmaasse	= Liter.	1 hl =
Baden . . .	Ohm	150,00	0,66667	Maass	1,5000	66,67
Bayern . . .	Eimer	64,14	1,55905	«	1,0690	93,54
Braunschweig	Ohm	149,90	0,66713	Quartier	0,9368	106,77
Hannover . .	«	155,76	0,64202	«	0,9735	102,72
Hessen-Darmst	«	160,00	0,62500	Maass	2,0000	50,00
Kurhessen . .	Wein-Ohm	155,96	0,64118	«	1,9500	51,29
Preussen . .	Ohm	137,40	0,72778	Quart	1,1450	87,33
Sachsen . . .	Eimer	67,36	1,4845	Kanne	0,9356	106,88
Württemberg.	« Hll.	293,93	0,34022	Maass Hll.	1,8370	54,44
Oesterreich .	Eimer	56,59	1,76713	Maass	1,4150	70,69
England . . .	Gallon	4,54	22,01000	Quart	1,1359	88,04
Russland . .	Ahm.	147,59	0,67756	Kruschky	1,2299	81,31

Digitized by Google

10. Gewichte.	Centner in Zoll-Centner	Zoll-Centner in Centner	Pfund in Kilogramm	Kilogramm in Pfund
England	1,0160	0,9842	0,4535927	2,204621
Oesterreich . . .	1,1200	0,8928	0,560060	1,785523
Russland (Pud) .	0,3276	3,0525	0,4095116	2,441933
Schweden	1,0202	0,9802	0,4250847	2,352472

11. Belastungen, resp. Gewichte.	1 Pfund pro Fuss = Kilogramm pro m	□Fss. = □m	□Zll. = □cm	Cub." = cbcm	1 Kilogramm pro m = Pfund pro Fuss	□m = □Fss.	□cm = □Zll.	cbcm. = Cub.'
Baden	1,667	5,556	0,0556	0,0185	0,6000	0,1800	18,00	54,0
Bayern	1,713	5,870	0,0845	0,0348	0,5837	0,1704	11,83	28,8
Braunschweig . . .	1,752	6,140	0,0884	0,0372	0,5707	0,1629	11,31	26,9
Hannover	1,712	5,860	0,0844	0,0347	0,5842	0,1706	11,85	28,8
Hessen-Darmstadt .	2,000	8,000	0,0800	0,0320	0,5000	0,1250	12,50	31,3
Kurhessen	1,738	6,041	0,0870	0,0363	0,5754	0,1655	11,50	27,6
Preussen	1,593	5,076	0,0731	0,0280	0,6277	0,1970	13,68	35,8
Sachsen	1,766	6,235	0,0898	0,0380	0,5664	0,1604	11,14	26,3
Württemberg . . .	1,745	6,092	0,0609	0,0213	0,5730	0,1642	16,42	47,0
Oesterreich	1,772	5,606	0,0807	0,0306	0,5644	0,1784	12,39	32,6
England	1,488	4,883	0,0703	0,0277	0,6720	0,2048	14,22	36,1
Russland	1,344	4,408	0,0635	0,0250	0,7443	0,2269	15,75	40,0

C. Aeltere preussische Maasse und Gewichte.

1 Fuss (') = 12 Zoll (") à 12 Linien ("') = 139,13 alte par. Linien = 0,31385350 m.
1 Elle = 25½ Zoll (c. ⅔ Meter), 1 Lachter = 80 Zoll = 2,0924 Meter.
1 Ruthe (°) = 12 Fuss = 10 Decimal- (Feld-) Fuss = 100 Decimalzoll.
1 Meile = 2000 Ruthen = 24,000 Fuss. 1 Morgen = 180 □Ruthen.
1 Schachtruthe = 144 Cubikfuss, 1 Klafter = 108 Cubikfuss.
1 Haufen Holz = 4½ Klafter, 1 Haufen Torf = 3 Klafter.
1 Oxhoft = 1½ Ohm = 3 Eimer = 6 Anker à 30 Quart (à 64 Cub.-Zll.)
1 Scheffel = 16 Metzen à 3 Quart = 1⅞ Cubikfuss.
1 Tonne (Kalkmss.) = 4 Schfl., 1 Wispel = 24 Schfl., 1 Last = 60 Schfl.
1 Pfund = 30 Loth à 10 Quentchen à 10 Cent à 10 Korn = 500 Gramm. 1 Centner = 100 Pfd., 1 Schiffslast = 40 Centner.

D. Aeltere österreichische Maasse und Gewichte.

1 Wiener Fuss = 12 Zoll à 12 Linien = 0,316081 Meter.
1 Ingen.-Ruthe = 10 Fuss, 1 Klafter = 6 Fuss, 1 Wiener Elle = 2,465 W. Fuss.
1 Meile = 4000 Klafter = 24000 W. Fuss.
1 Joch = 1600 Quadratklafter. 1 Schachtruthe = 100 Cubikfuss.
1 W. Metzen = 16 Maassel = 61,48682 Liter. 1 Maass = 1,414724 Liter.
1 Wein- (u. Branntw.-) Eimer = 41 Maass, 1 Bier-Eimer = 42½ M.
1 Wiener Pfund = 32 Loth = 560,06 Gramm, 1 Centner = 100 Pfund.

E. Englische Maasse und Gewichte.

1 Fuss = 12 Zoll = 0,3047945 m, 1 Yard = 3 Fuss, 1 Ruthe = 5½ Yard
1 Meile = 8 Furtongs = 320 Ruthen = 1760 Yards = 5280 Fuss = 80 Chains.
1 Acre = 160 Quadratruthen.
1 Imperial-Gallon = 4 Quarts = 277,274 Cubikzoll = 4,54346 Liter.
1 Quarter = 8 Bushels = 64 Gallons.
1 Pfund (avoir du poids) = 16 Unzen = 453,5927 Gramm.
1 Centner = 112 Pfund, 1 Tonne = 20 Centner.

IX. Gewichtstafeln für Walzeisen.

A. Band- und Flacheisen.

(d Stärke, b Breite in Millimetern.)

d	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
b	Gewicht in Kilogrammen pro laufenden Meter.																
24	0,19	0,37	0,56	0,75	0,93	1,12	1,31	1,49	1,68	1,87	2,05	2,24	2,43	2,61	2,80	2,99	3,17
26	0,20	0,41	0,61	0,81	1,01	1,21	1,42	1,62	1,82	2,02	2,23	2,43	2,63	2,83	3,03	3,24	3,44
28	0,22	0,44	0,65	0,87	1,09	1,31	1,53	1,74	1,96	2,18	2,40	2,61	2,83	3,05	3,27	3,49	3,70
30	0,23	0,47	0,70	0,93	1,17	1,40	1,63	1,87	2,10	2,33	2,57	2,80	3,03	3,27	3,50	3,73	3,97
32	0,24	0,50	0,75	1,01	1,25	1,49	1,74	1,99	2,24	2,49	2,74	2,99	3,24	3,49	3,73	3,98	4,23
34	0,27	0,53	0,79	1,06	1,32	1,59	1,85	2,12	2,38	2,65	2,91	3,17	3,44	3,70	3,97	4,23	4,50
36	0,28	0,56	0,84	1,12	1,40	1,68	1,96	2,24	2,52	2,80	3,08	3,36	3,64	3,92	4,20	4,48	4,76
38	0,30	0,59	0,89	1,18	1,48	1,77	2,07	2,37	2,66	2,96	3,25	3,55	3,84	4,14	4,44	4,73	5,03
40	0,31	0,62	0,93	1,24	1,56	1,87	2,18	2,49	2,80	3,11	3,42	3,73	4,05	4,36	4,67	4,98	5,29
42	0,33	0,65	0,98	1,31	1,63	1,96	2,29	2,61	2,94	3,27	3,59	3,92	4,25	4,58	4,90	5,23	5,56
44	0,34	0,69	1,03	1,37	1,71	2,05	2,40	2,74	3,08	3,42	3,77	4,11	4,45	4,79	5,14	5,48	5,82
46	0,36	0,72	1,07	1,43	1,79	2,15	2,51	2,86	3,22	3,58	3,94	4,30	4,65	5,01	5,37	5,73	6,08
48	0,37	0,75	1,12	1,49	1,87	2,24	2,61	2,99	3,36	3,73	4,11	4,48	4,86	5,23	5,60	5,98	6,35
50	0,39	0,78	1,17	1,56	1,95	2,33	2,72	3,11	3,50	3,89	4,28	4,67	5,06	5,45	5,84	6,22	6,61
52	0,41	0,81	1,21	1,62	2,02	2,43	2,83	3,24	3,64	4,05	4,45	4,86	5,26	5,66	6,07	6,47	6,88
54	0,42	0,84	1,26	1,68	2,10	2,52	2,94	3,36	3,78	4,20	4,62	5,04	5,46	5,88	6,30	6,72	7,14
56	0,44	0,87	1,31	1,74	2,18	2,61	3,05	3,49	3,92	4,36	4,79	5,23	5,66	6,10	6,54	6,97	7,41
58	0,45	0,90	1,35	1,81	2,26	2,71	3,16	3,61	4,06	4,51	4,96	5,42	5,87	6,32	6,77	7,22	7,67
60	0,47	0,93	1,40	1,87	2,33	2,80	3,27	3,73	4,20	4,67	5,14	5,60	6,07	6,54	7,00	7,47	7,94
62	0,48	0,97	1,45	1,93	2,41	2,89	3,38	3,86	4,34	4,82	5,31	5,79	6,27	6,75	7,24	7,72	8,20
64	0,50	1,00	1,49	1,99	2,49	2,99	3,49	3,98	4,48	4,98	5,48	5,98	6,47	6,97	7,47	7,97	8,47
66	0,51	1,03	1,54	2,05	2,57	3,08	3,59	4,11	4,62	5,14	5,65	6,16	6,68	7,19	7,70	8,22	8,73
68	0,53	1,06	1,59	2,12	2,65	3,17	3,70	4,23	4,76	5,29	5,82	6,35	6,88	7,41	7,94	8,47	8,90
70	0,55	1,09	1,63	2,18	2,72	3,27	3,81	4,36	4,90	5,45	5,99	6,54	7,08	7,62	8,17	8,71	9,26
72	0,56	1,12	1,68	2,24	2,80	3,36	3,92	4,48	5,04	5,60	6,16	6,72	7,28	7,84	8,40	8,96	9,52
74	0,58	1,15	1,73	2,30	2,88	3,45	4,03	4,61	5,18	5,76	6,33	6,91	7,48	8,06	8,64	9,21	9,79
75	0,58	1,16	1,75	2,33	2,92	3,50	4,09	4,67	5,25	5,84	6,42	7,01	7,59	8,18	8,76	9,34	9,93
80	—	—	—	2,50	3,12	3,74	4,37	4,99	5,62	6,24	6,86	7,49	8,11	8,74	9,36	9,98	10,60
85	—	—	—	2,65	3,32	3,98	4,64	5,30	5,97	6,63	7,29	7,96	8,62	9,28	9,95	10,61	11,27
90	—	—	—	2,81	3,51	4,21	4,91	5,62	6,32	7,02	7,72	8,42	9,13	9,83	10,53	11,23	11,94
95	—	—	—	2,96	3,71	4,45	5,19	5,93	6,67	7,41	8,15	8,89	9,63	10,37	11,12	11,86	12,60
100	—	—	—	3,12	3,90	4,68	5,46	6,24	7,02	7,80	8,58	9,36	10,14	10,92	11,70	12,48	13,26
105	—	—	—	3,28	4,10	4,91	5,73	6,55	7,37	8,19	9,01	9,83	10,65	11,47	12,29	13,10	13,92
110	—	—	—	3,43	4,29	5,15	6,01	6,86	7,72	8,58	9,44	10,30	11,15	12,01	12,87	13,73	14,58
115	—	—	—	3,59	4,49	5,38	6,28	7,18	8,07	8,97	9,87	10,76	11,66	12,56	13,46	14,35	15,25
120	—	—	—	3,74	4,68	5,62	6,55	7,49	8,42	9,36	10,30	11,23	12,17	13,10	14,04	14,98	15,92
125	—	—	—	3,90	4,88	5,85	6,83	7,80	8,78	9,75	10,73	11,70	12,68	13,65	14,63	15,60	16,58
150	—	—	—	4,68	5,85	7,02	8,19	9,36	10,53	11,70	12,87	14,04	15,21	16,38	17,55	18,72	19,89
200	—	—	—	6,24	7,80	9,36	10,92	12,48	14,04	15,60	17,16	18,72	20,28	21,84	23,40	24,96	26,52

B. Quadrat- und Rundeisen.

Widerstandsmoment und Gewicht.

Stärke bez. Durchm.	Quadrateisen.		Rundeisen.		Stärke bez. Durchm.	Quadrateisen.		Rundeisen.	
	Widerstandsmom.	Gew. pro lfd. Meter.	Widerstandsmom.	Gew. pro lfd. Meter.		Widerstandsmom.	Gew. pro lfd. Meter.	Widerstandsmom.	Gew. pro lfd. Meter.
mm	(cm)	kg	(cm)	kg	mm	(cm)	kg	(cm)	kg
5	0,021	0,195	0,012	0,153	10	0,166	0,778	0,098	0,611
6	0,036	0,280	0,021	0,220	11	0,221	0,931	0,131	0,739
7	0,057	0,381	0,034	0,299	12	0,288	1,120	0,169	0,880
8	0,085	0,498	0,050	0,391	13	0,366	1,315	0,216	1,033
9	0,122	0,630	0,072	0,495	14	0,484	1,525	0,269	1,198

Stärke bez. Durchm.	Quadrateisen.		Rundeisen.		Stärke bez. Durchm.	Quadrateisen.		Rundeisen.	
	Widerstands-mom.	Gew. pro lfd. Meter.	Widerstands-mom.	Gew. pro lfd. Meter.		Widerstands-mom.	Gew. pro lfd. Meter.	Widerstands-mom.	Gew. pro lfd. Meter.
mm	(cm)	kg	(cm)	kg	mm	(cm)	kg	(cm)	kg
15	0,562	1,751	0,331	1,375	48	18,432	17,93	10,85	14,08
16	0,682	1,992	0,402	1,564	49	19,608	18,68	11,55	14,67
17	0,818	2,248	0,482	1,766	50	20,833	19,45	12,27	15,28
18	0,972	2,521	0,573	1,980	55	27,729	23,28	16,33	18,48
19	1,143	2,809	0,673	2,206	60	36,000	28,01	21,20	22,00
20	1,333	3,112	0,785	2,444	65	45,770	32,87	26,96	25,82
21	1,543	3,422	0,909	2,695	70	57,166	38,12	33,67	29,94
22	1,774	3,726	1,045	2,957	75	70,312	43,76	41,41	34,37
23	2,027	4,116	1,194	3,232	80	85,333	49,79	50,26	39,11
24	2,304	4,481	1,357	3,520	85	102,354	56,21	60,29	44,15
25	2,604	4,863	1,534	3,819	90	121,500	63,02	71,56	49,49
26	2,929	5,259	1,726	4,131	95	142,895	70,21	84,17	55,15
27	3,280	5,672	1,932	4,455	100	166,666	77,80	98,17	61,10
28	3,658	6,100	2,155	4,791	105	192,937	85,55	114	67,37
29	4,064	6,543	2,394	5,139	110	221,833	93,14	131	73,94
30	4,500	7,002	2,651	5,499	115	253,479	102,9	149	80,81
31	4,965	7,477	2,925	5,872	120	288,800	112,0	169	88,00
32	5,461	7,967	3,217	6,257	125	325,520	121,6	191	95,48
33	5,989	8,382	3,528	6,654	130	366,166	131,5	216	103,3
34	6,550	8,994	3,859	7,064	135	410,062	141,8	242	111,4
35	7,145	9,531	4,209	7,485	140	457,333	152,5	269	119,8
36	7,776	10,08	4,580	7,919	145	508,104	163,6	299	128,5
37	8,442	10,65	4,974	8,365	150	562,500	175,1	331	137,5
38	9,145	11,23	5,387	8,823	155	620,645	186,9	365	146,8
39	9,886	11,83	5,824	9,294	160	682,666	199,2	402	156,4
40	10,666	12,45	6,283	9,776	165	748,687	209,6	441	166,4
41	11,486	13,08	6,766	10,27	170	818,833	224,8	482	176,6
42	12,348	13,69	7,274	10,78	175	893,229	238,3	526	187,1
43	13,251	14,39	7,806	11,30	180	972,000	252,1	573	198,0
44	14,197	14,90	8,363	11,83	185	1055,27	266,3	621	209,1
45	15,187	15,75	8,950	12,37	190	1143,16	280,9	673	220,6
46	16,222	16,46	9,556	12,93	195	1235,81	295,9	728	232,3
47	17,303	17,19	10,19	13,50	200	1333,33	311,2	785	244,4

C. Deutsche Normalprofile für Walzeisen.

I. I-Eisen.

Es bezeichnet h die Höhe des Trägers, b die Breite des Fusses d die Stegdicke, t die mittlere Flantschstärke, R und r die Abrundungshalbmesser je am Steg bezw. aussen am Fuss in mm, F den Querschnitt in qcm, G das Gewicht pro Meter in kg, Jx Trägheitsmoment (cm), Wx Widerstandsmoment (cm) für die $x-x$ Biegungsebene; Jy Trägheitsmoment, Wy Widerstandsmoment für die $y-y$ Biegungsebene.

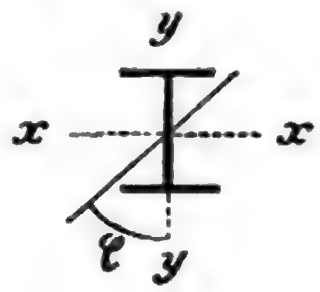
Es ist ferner $t = 1{,}5\ d$, $R = d$, $r = 0{,}6\ d$.

Für Träger bis zu 250^{mm} Höhe ist . . . . $b = 0{,}4\ h + 10^{mm}$,
$d = 0{,}03\ h + 1{,}5^{mm}$,

« « von mehr als 250^{mm} Höhe ist . $b = 0{,}03\ h + 35^{mm}$,
$d = 0{,}036\ h$.

Die Neigung im Flantsch beträgt 14%.

Wirkt ein Moment M in einer Ebene, die um φ gegen die $y-y$ Ebene geneigt ist, so ist die grösste Spannung



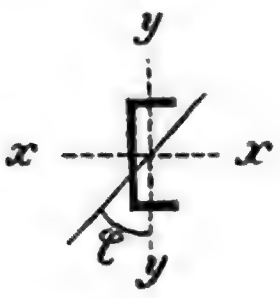
$$\sigma = M\left(\frac{\cos\varphi}{Wy} + \frac{\sin\varphi}{Wx}\right)$$

σ max. tritt ein bei $\operatorname{tg}\varphi = \frac{Wy}{Wx}$.

W min. $= 0{,}99\ Wx$.

No.	h	b	d	t	F	G	Ty	Wy	Tx	Wx
8	80	42	3,9	5,9	7,61	6,0	78,4	19,6	7,35	3,5
9	90	46	4,2	6,3	9,05	7,1	118	26,2	10,4	4,5
10	100	50	4,5	6,8	10,69	8,3	172	34,4	14,3	5,7
11	110	54	4,8	7,2	12,36	9,6	241	43,8	18,9	7,0
12	120	58	5,1	7,7	14,27	11,1	331	55,1	25,2	8,7
13	130	62	5,4	8,1	16,19	12,6	441	67,8	32,2	10,4
14	140	66	5,7	8,6	18,35	14,3	579	82,7	41,3	12,5
15	150	70	6,0	9,0	20,52	16,0	743	99,0	51,8	14,8
16	160	74	6,3	9,5	22,94	17,9	945	118,1	64,4	17,4
17	170	78	6,6	9,9	25,36	19,8	1177	138,5	78,8	20,2
18	180	82	6,9	10,4	28,04	21,9	1460	162,2	95,9	23,4
19	190	86	7,2	10,8	30,70	24,0	1779	187,3	115,2	26,8
20	200	90	7,5	11,3	33,65	26,2	2162	216,2	138	30,7
21	210	94	7,8	11,7	36,55	28,5	2587	246,4	163	34,6
22	220	98	8,1	12,2	39,76	31,0	3090	280,9	192	39,2
23	230	102	8,4	12,6	42,91	33,5	3642	316,7	224	43,9
24	240	106	8,7	13,1	46,37	36,2	4288	357,3	261	49,3
26	260	113	9,4	14,1	53,66	41,9	5798	446,0	341	60,3
28	280	119	10,1	15,2	61,39	47,9	7658	547,0	429	72,1
30	300	125	10,8	16,2	69,40	54,1	9888	659,2	530	84,8
32	320	131	11,5	17,3	78,15	61,0	12622	788,9	652	99,6
34	340	137	12,2	18,3	87,16	68,0	15827	931,0	789	115
36	360	143	13,0	19,5	97,50	76,1	19766	1098,1	956	134
38	380	149	13,7	20,5	107,53	83,9	24208	1274,1	1138	153
40	400	155	14,4	21,6	118,34	92,3	29446	1472,3	1349	174
42½	425	163	15,3	23,0	132,97	103,7	37266	1755,7	1672	205
45	450	170	16,2	24,3	147,65	115,2	46204	2053,5	2004	236
47½	475	178	17,1	24,6	163,61	127,6	56912	2396,3	2424	272
50	500	185	18,0	27,0	180,18	140,5	69245	2769,8	2871	310

Für fast sämmtliche Normalprofile von I-Trägern werden auch sogenannte Vorprofile angefertigt, welche bei gleicher oder einige Millimeter geringerer Höhe ein grösseres Widerstandsmoment als die Normalprofile besitzen. Diese Profile — an sich nicht so rationell wie die Normalprofile — werden dann verwandt, wenn die Constructionshöhe beschränkt ist.



II. ⊏-Eisen.

Hier gelten dieselben Bezeichnungen wie unter I.

Für die um φ geneigte Ebene wie unter I.

Die Neigung im Flantsch beträgt 8%.

$$b = 0{,}25\ h + 25^{mm}.$$

Die Abänderung dieser Profile durch Stellen der Walzen ist wegen der hierdurch bedingten ungleichmässigen Streckungen im Eisen nicht gestattet.

No.	h	b	d	t	F	G	Ty	Wy	Tx	⊏ Tx
3	30	33	5	7	5,42	4,2	6,5	4,3	5,2	33,7
4	40	35	5	7	6,20	4,8	14,2	7,1	7,3	40,2
5	50	38	5	7	7,12	5,6	26,7	10,7	10,0	51,5
6½	65	42	5,5	7,5	9,05	7,1	58,2	17,9	15,7	74,7
8	80	45	6	8	11,04	8,6	107	26,7	21,7	98,1
10	100	50	6	8,5	13,48	10,5	207	41,4	33,1	143
12	120	55	7	9	17,04	13,3	368	61,3	49,2	202
14	140	60	7	10	20,40	15,9	609	87,0	71,2	291
16	160	65	7,5	10,5	24,08	18,8	932	116,5	97,4	388
18	180	70	8	11	28,04	21,9	1364	151,6	130	508
20	200	75	8,5	11,5	32,30	25,2	1927	192,7	171	654
22	220	80	9	12,5	37,55	29,3	2712	246,5	226	863
26	260	90	10	14	48,40	37,8	4857	373,6	365	1376
30	300	100	10	16	58,80	45,9	8064	537,6	564	2151

Waggon (⊏)-Eisen.

Stegdicken *d* u. Flantschdicken *t* wechseln b. d. verschied. Eisenb.-Gesellsch.

No.	*h*	*b*	*d*	*t*	*R*	*r*	*F*	*G*	*W*
10½	105	65	8	8	8	4	17,52	13,7	55,7
11¾	117,5	65	10	10	10	5	22,75	17,8	77,3
14½	145	60	8	8	8	4	19,92	15,5	81,9
23½	235	90	10	12	12	6	42,70	33,3	295,4
26	260	90	10	10	10	5	42,00	32,8	305,1
30	300	75	10	10	10	5	43,00	33,5	332,3

III. ⅂-Eisen.

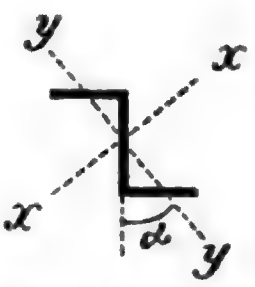
Es bezeichnet W_1 das Widerstandsmoment für senkrechte Belastung bei Verhinderung seitlicher Ausbiegung, W_2 bei freier Ausbiegung zur Seite. Die übrigen Bezeichnungen wie unter I.

Für die um φ gegen $y-y$ geneigte Ebene ist annähernd für die Profile 3—10.

$$\sigma = M\left(\frac{\sin\varphi}{Wx} + 0{,}076\,\frac{\cos\varphi}{Wy}\right)$$

und für die Profile 12—16.

$$\sigma = M\left(\frac{\cos\varphi}{Wy} - \frac{\sin\varphi}{Wx}\right).$$



Die Flantschflächen sind einander parallel.

$$b = 0{,}25\,h + 30^{mm};\ d = 0{,}035\,h + 3^{mm};$$

$$t = 0{,}05\,h + 3^{mm};\ R = t;\ r = \frac{t}{2}.$$

No.	*h*	*b*	*d*	*t*	*F*	*G*	tg α	*Ty*	*Tx*	W_1	W_2
3	30	38	4	4,5	4,26	3,3	1,69	18,3	1,61	4,0	1,29
4	40	40	4,5	5	5,35	4,2	1,20	28,3	3,00	6,7	2,19
5	50	43	5	5,5	6,68	5,2	0,96	45,2	5,17	10,4	3,53
6	60	45	5	6	7,80	6,1	0,80	67,9	7,07	14,7	4,70
8	80	50	6	7	10,96	8,6	0,61	143	13,6	27,0	9,15
10	100	55	6,5	8	14,26	11,1	0,52	272	21,1	43,8	14,2
12	120	60	7	9	17,94	14,0	0,46	474	30,0	65,9	20,2
14	140	65	8	10	22,60	17,6	0,42	773	44,6	95,1	28,4
16	160	70	8,5	11	27,13	21,2	0,39	1193	58,8	130,3	36,6

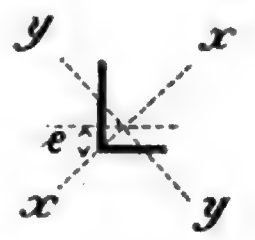
IV. Gleichschenkelige Winkeleisen.

Es bezeichnet *b* die Schenkelbreite, *d* die mittlere Schenkeldicke *R* den Abrundungshalbmesser am inneren Zusammenstoss der Schenkel und *r* den Halbmesser der Abrundung an den Schenkelenden in mm, *F* Querschnitt in qcm, *G* Gewicht in kg für 1 m Länge.

Für $b \lessgtr 100^{mm}$ ist *d* min. $= 0{,}1\ b$,

« $b > 100^{mm}$ ist *d* min. $= 1/11\ b$,

« $R = \frac{d\ \text{min.} + d\ \text{max.}}{2}$ $r = \frac{R}{2}$.



Für die um φ gegen $y-y$ geneigte Ebne ist

$$\sigma = M\left(0{,}95\,\frac{\cos\varphi}{Wy} + 0{,}86\,\frac{\sin\varphi}{Wx}\right).$$

No.	*b*	*d*	*F*	*G*	*e*	*Ty*	*Tx*	T_2	T_4
1½	15	3	0,81	0,63	4,8	0,25	0,07	0,32	1,40
		4	1,04	0,81	5,2	0,31	0,08	0,39	1,89
2	20	3	1,11	0,87	6,1	0,64	0,17	0,81	3,26
		4	1,44	1,12	6,5	0,79	0,21	1,00	4,40

No.	b	d	F	G	e	Ty	Tx	⌟⌞ T_2	⌟⌞ / ⌜⌜ T_4
2½	25	3	1,41	1,10	7,4	1,30	0,34	1,64	6,33
		4	1,84	1,44	7,7	1,64	0,43	2,06	8,51
3	30	4	2,24	1,75	9,0	2,93	0,77	3,70	14,5
		6	3,24	2,53	9,8	4,01	1,05	5,06	22,3
3½	35	4	2,64	2,06	10,2	4,80	1,26	6,06	23,1
		6	3,84	3,00	11,0	6,62	1,74	8,36	35,1
4	40	4	3,04	2,37	11,5	7,33	1,93	9,25	34,4
		6	4,44	3,46	12,3	10,2	2,68	12,8	52,2
		8	5,76	4,49	13,0	12,7	3,34	16,0	70,5
4½	45	5	4,25	3,32	13,1	12,8	3,37	16,1	61,4
		7	5,81	4,53	13,9	16,9	4,45	21,3	86,8
		9	7,29	5,69	14,6	20,4	5,38	25,7	113
5	50	5	4,75	3,7	14,4	17,8	4,68	22,4	84,1
		7	6,51	5,1	15,1	23,5	6,18	29,7	119
		9	8,19	6,4	15,9	28,6	7,53	36,1	155
5½	55	6	6,24	4,9	15,9	28,2	7,43	35,5	134
		8	8,16	6,4	16,7	35,7	9,38	45,0	181
		10	10,00	7,8	17,4	42,6	11,2	53,6	228
6	60	6	6,84	5,3	17,2	37,0	9,74	46,7	175
		8	8,96	7,0	17,9	47,2	12,4	59,4	234
		10	11,00	8,6	18,6	56,3	14,8	70,9	294
6½	65	7	8,61	6,7	18,8	54,4	14,3	68,5	259
		9	10,89	8,5	19,5	67,0	17,6	84,3	335
		11	13,09	10,2	20,2	78,5	20,7	89,9	412
7	70	7	9,31	7,3	20,1	68,5	18,0	86,4	324
		9	11,79	9,2	20,8	84,8	22,3	107	418
		11	14,19	11,1	21,5	99,8	26,3	126	513
7½	75	8	11,36	8,9	21,7	95,0	25,0	120	455
		10	14,00	10,9	22,3	115	30,3	145	571
		12	16,56	12,9	23,1	133	35,0	168	689
8	80	8	12,16	9,5	23,0	117	30,8	148	550
		10	15,00	11,7	23,7	141	37,1	178	693
		12	17,76	13,9	24,4	162	42,7	206	837
9	90	9	15,39	12,0	25,8	187	49,2	236	883
		11	18,59	14,5	26,5	222	58,4	280	1083
		13	21,71	16,9	27,2	254	66,8	321	1284
10	100	10	19,00	14,8	28,7	285	75,0	360	1346
		12	22,56	17,6	29,4	333	87,7	420	1621
		14	26,04	20,3	30,1	378	99,5	477	1897
11	110	10	21,00	16,4	31,2	385	101	486	1792
		12	24,96	19,5	31,9	450	118	568	2152
		14	28,84	22,5	32,6	513	135	648	2524
12	120	11	25,19	19,7	34,2	549	144	693	2560
		13	29,51	23,0	34,8	634	167	801	3030
		15	33,75	26,3	35,5	715	188	903	3510
13	130	12	29,76	23,2	36,9	763	201	964	3540
		14	34,44	26,9	37,6	867	229	1096	4440
		16	39,04	30,5	38,3	970	256	1226	4750
14	140	13	34,71	27,1	39,8	1025	270	1295	4800
		15	39,75	31,0	40,5	1160	305	1465	5550
		17	44,71	34,9	41,3	1290	339	1629	6310
15	150	14	40,04	31,2	42,7	1360	358	1718	6360
		16	45,44	35,4	43,3	1525	401	1926	7270
		18	50,76	39,6	44,1	1685	443	2128	8200
16	160	15	45,75	35,7	45,5	1760	463	2223	8240
		17	51,51	40,2	46,3	1970	518	2488	9380
		19	57,19	44,6	47,0	2160	569	2729	10540

V. Ungleichschenkelige Winkeleisen.

Es bezeichnet B die Breite des grösseren, b diejenige des kleineren Schenkels, d die mittlere Fleischstärke bei beiden Schenkeln in mm, R und r, F und G wie sub IV.

B wird $= 1{,}5\ b$ und $B = 2\ b$ angefertigt.

$R = \frac{d \text{ min.} + d \text{ max.}}{2}$; $d \text{ min.} = \frac{b + B}{10}$, jedoch mit geringfügigen Abweichungen.

No.	b	B	d	R	r	F	G	No.	b	B	d	R	r	F	G
2/3	20	30	3	3,5	2	1,41	1,10	5/10	50	100	8	9	4,5	11,36	8,9
			4			1,84	1,44				10			14,00	10,9
2/4	20	40	3	3,5	2	1,71	1,33	6½/10	65	100	9	10	5	14,04	11,0
			4			2,24	1,75				11			16,94	13,2
3/4½	30	45	4	4,5	2	2,84	2,22	6½/13	65	130	10	11	5,5	18,50	14,4
			5			3,50	2,73				12			21,96	17,1
3/6	30	60	5	6	3	4,25	3,32	8/12	80	120	10	11	5,5	19,00	14,8
			7			5,81	4,53				12			22,56	17,6
4/6	40	60	5	6	3	4,75	3,71	8/16	80	160	12	13	6,5	27,36	21,3
			7			6,51	5,08				14			31,64	24,7
4/8	40	80	6	7	3,5	6,84	5,34	10/15	100	150	12	13	6,5	28,56	22,3
			8			8,96	7,00				14			33,04	25,8
5/7½	50	75	7	8	4	8,26	6,4	10/20	100	200	14	15	7,5	40,04	31,2
			9			10,44	8,1				16			45,44	35,4

VI. ⊥-Eisen.

a) Breitfüssige ⊥-Eisen.

Es bezeichnet b die Breite des Fusses, h die ganze Höhe des Stegs und Fusses, d die mittlere Stärke von Steg und Fuss, R und r wie unter IV, ϱ den Abrundungshalbmesser des Stegs in mm. F und G wie unter IV.

$$d = 0{,}15\ h + 1^{mm};\ R = d;\ r = \frac{d}{2};\ \varrho = \frac{d}{4}.$$

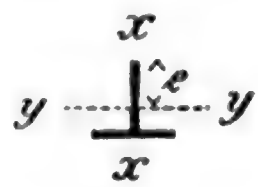
Neigung im Fuss beiderseits je 2%, an jeder Stegseite 4%.

Bei einer Biegungsebene, die um φ gegen x—x geneigt ist, sind die grössten Spannungen annähernd

$$s_1 = \frac{M}{Wy}\, 2{,}6 \cdot \cos\varphi.$$

$$s_2 = \frac{M}{W}\,(0{,}78\cos\varphi + \sin\varphi).$$

$s_1 = s_2$ für $\varphi = 61^0\,10'$; $s_{\text{max.}}$ tritt ein bei $\varphi = 0$.



No.	b	h	d	e	F	G	Ty	Tx	$\frac{\perp}{T}$
6/3	60	30	5,5	23,0	4,64	3,6	9,98	2,91	10,4
7/3½	70	35	6	26,9	5,94	4,6	17,3	5,12	18,2
8/4	80	40	7	30,7	7,91	6,2	30,1	8,87	31,4
9/4½	90	45	8	34,5	10,16	7,9	49,0	14,4	50,6
10/5	100	50	8,5	38,4	12,02	9,4	71,3	21,2	74,5
12/6	120	60	10	46,2	17,00	13,3	145	43,2	152
14/7	140	70	11,5	53,9	22,82	17,8	265	79,1	277
16/8	160	80	13	61,7	29,51	23,0	446	134	465
18/9	180	90	14,5	69,5	37,04	28,9	709	213	737
20/10	200	100	16	77,2	45,44	35,4	1073	323	1118

b) Hochstegige ⊥-Eisen.

Die Bezeichnungen sind dieselben wie bei VI a, desgl. die Neigungen am Fuss und am Steg.

$$d = 0{,}1\ h + 1^{mm};\ R = d;\ r = \frac{d}{2};\ \varrho = \frac{d}{4}.$$

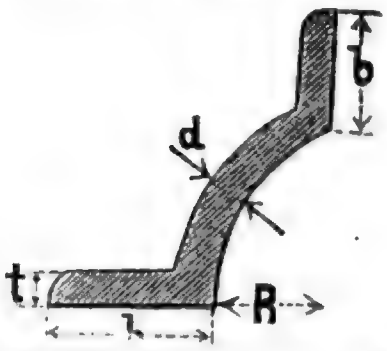
$$s^1 = \frac{M}{Wx} \cos \varphi .$$

$$s_2 = \frac{M}{Wx} (0{,}42 \cos \varphi + 1{,}47 \sin \varphi$$

$s_1 = s_2$ für $\varphi = 21^0\,30'$; s_2 max. $= 1{,}53 \frac{M}{Wx}$ für $\varphi = 74^0\,5'$; W min. $= 0{,}96\, Wy$.

No.	b	h	d	e	F	G	Ty	Tx
2/2	20	20	3	13,9	1,11	0,9	0,20	0,40
2½/2½	25	25	3,5	17,5	1,63	1,3	0,46	0,93
3/3	30	30	4	21,0	2,24	1,7	0,91	1,86
3½/3½	35	35	4,5	24,6	2,95	2,3	1,63	3,34
4/4	40	40	5	28,2	3,75	2,9	2,70	5,56
4½/4½	45	45	5,5	31,7	4,65	3,6	4,23	8,74
5/5	50	50	6	35,3	5,64	4,4	6,33	13,1
6/6	60	60	7	42,4	7,91	6,2	12,8	26,4
7/7	70	70	8	49,6	10,56	8,2	23,1	48,4
8/8	80	80	9	56,7	13,59	10,6	38,8	81,5
9/9	90	90	10	63,8	17,00	13,3	61,4	129
10/10	100	100	11	71,0	20,79	16,2	92,7	195
12/12	120	120	13	85,2	29,51	23,0	189	389
14/14	140	40	15	99,5	30,75	31,3	347	734

Neig. i. Fuss durchw. 2%, a. j. S. d. Stegs 4%.

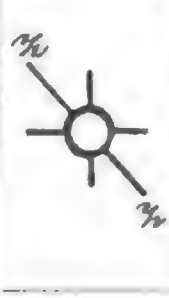


VII. Quadranteisen.

Es bedeutet R den mittleren Halbmesser (Mittellinie der Wandung), b die Breite der Lappen, t die Stärke derselben, d die Wandstärke des Quadranten.

$$b = 0{,}2\ R + 25^{mm},\ r = 0{,}12\ R.$$

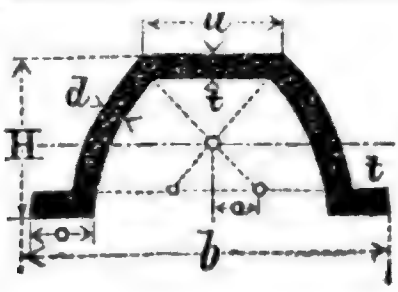
Prof. No.	Dimensionen in mm.					Querschnitt F der vollen Röhre.	Gewicht G für 1m der vollen Röhre.	Volle Röhre Trägheitsmom. in cm für jede Biegungsebene.	Grösstes Widerstandsmoment für zz Biegungsebene.	Kleinstes Widerstandsmoment für xx Ebene.
	R	b	d	t	r	qcm	kg	J	Wz	Wx
*5	50	35	4	6	6	29,8	23,4	573	90	66
5	50	35	8	8	6	48,0	37,5	901	135	101
*7½	75	40	6	8	9	54,9	42,9	2041	235	173
7½	75	40	10	10	9	80,2	62,8	2957	329	246
*10	100	45	8	10	12	88,1	68,9	5434	499	365
10	100	45	12	12	12	120,4	94,0	7395	660	490
*12½	125	50	10	12	15	129,3	101,0	11970	907	665
12½	125	50	14	14	15	168,8	131,6	15591	1155	857
*15	150	55	12	14	18	178,9	139,6	23206	1497	1100
15	150	55	18	17	18	248,6	194,0	32283	2030	1509



Bemerkung. Die mit * bezeichneten Profile sind in der Burbacher Hütte bis jetzt vorhanden.

VIII. Belag- (sog. Zores-) Eisen.

F Querschnitt in mm; G Gewicht pro m in kg; W Widerstandsmoment (cm).



No.	H	b	a	c	t	d	F	G	W
5	50	120	33	21	5	3	6,8	5,3	9,6
6	60	140	38	24	6	3,5	9,5	7,3	15,9
7½	75	170	45,5	28,5	7	4	13,4	10,3	28,3
9	90	200	53	33	8	4,5	17,9	13,8	45,8
11	110	240	63	39	9	5	24,2	18,6	76,2

Digitized by Google

Nachdem die Mehrzahl der deutschen Normalprofile für Walzeisen nunmehr hergestellt wird, empfiehlt es sich, bei Anschlägen nur diese zu Grunde zu legen.

Die I-Träger werden in der Regel auf den Werken in Längen von 4—9^{m} in Abstufungen von 0,2^{m}, über 9^{m} bis 10^{m} in Abstufungen von 0,25^{m} auf Lager gehalten. Bei Bestellungen werden die Träger mit einer Längenabweichung von ± 50^{mm} geliefert; wünscht man auf genaues Maass (± 10^{mm}) abgelängte Träger zu beziehen, so ist solches besonders zu bestellen und bedingt einen Aufpreis von Mk. 5 für 1000 kg.

Grundpreis für Flach-, ○-, □-, L-, T-Eisen: 125 Mk. für 1000 kg
« « I-, U- und Zoreseisen: 100 « « « «

Ueberpreise von I-Trägern für 1000 kg bezogen auf den Grundpreis

					bis 10^{m}	11^{m}	12^{m}	13^{m}	14^{m}
bis 260^{mm}	Höhe incl.	Mark	0	3	6	9	12
280 bis 300^{mm}	Höhe einschl.	«	5	9	13	17	21
320 « 340^{mm}	« «	«	7½	12½	17½	22½	27½
360 « 400^{mm}	« «	«	12½	18½	24½	30½	36½
425 « 500^{mm}	« «	«	20	28	36	44	52

Bei Trägern über 14^{m} Länge ist der Preis besonders zu vereinbaren.

X. Gewichtstafeln für Metall-Platten.

A. Gerade Platten und Bleche.

1 Quadratmeter wiegt Kilogramm.

Dicke in Millimet.	Schmiedeeisen.	Gusseisen.	Gussstahl.	Kupfer.	Messing.	Zink.	Blei.
1	7,78	7,25	7,87	8,90	8,55	6,90	11,4
2	15,56	14,50	15,74	17,80	17,10	13,80	22,8
3	23,34	21,75	23,61	26,70	25,65	20,70	34,2
4	31,12	29,00	31,48	35,60	34,20	27,60	45,6
5	38,90	36,25	39,35	44,50	42,75	34,50	57,0
6	46,68	43,50	47,22	53,40	51,30	41,40	68,4
7	54,46	50,75	55,09	62,30	59,85	48,30	79,8
8	62,24	58,00	62,96	71,20	68,40	55,20	91,2
9	70,02	65,25	70,83	80,10	76,95	62,10	102,6
10	77,80	72,50	78,70	89,00	85,50	69,00	114,0
11	85,58	79,75	86,57	97,90	94,05	75,90	125,4
12	93,36	87,00	94,44	106,80	102,60	82,80	136,8
13	101,14	94,25	102,31	115,70	111,15	89,70	148,2
14	108,92	101,50	110,18	124,60	119,70	96,60	159,6
15	116,70	108,75	118,05	133,50	128,25	103,50	171,0
16	124,48	116,00	125,92	142,40	136,80	110,40	182,4
17	132,26	123,25	133,79	151,30	145,35	117,30	193,8
18	140,04	130,50	141,66	160,20	153,90	124,20	205,2
19	147,82	137,75	149,53	169,10	162,45	131,10	216,6
20	155,60	145,00	157,40	178,00	171,00	138,00	228,0

B. Wellenbleche.

(Dillinger Hütte zu Dillingen a. d. Saar.)

b Breite, h Höhe einer Welle, d Dicke, B und L Breite und Länge der Bleche, das Gewicht für 1 qm einschl. Ueberdeckung für 1^{mm} Blechdicke des rohen Bleches G, des verzinkten Bleches G_1; W Widerstandsmoment bezogen auf ^{cm} für 1^{m} Breite und 1^{mm} Blechdicke, p zulässige gleichf. verth. Belastung in kg (qm) für 1^{mm} Blechdicke und einer Beanspruchung von 750 kg (qcm).

Digitized by Google

No.	*b* mm	*h* mm	*d* mm
1	87	27	0,50; 0,56; 0,62; 0,70; 0,75; 0,87.
2	154	45	1,0; 1,12; 1,25; 1,37; 1,50; 1,75; 2,00.
3	80	20	0,75; 0,87; 1,0; 1,12; 1,2 · 1,37; 1,50; 1,75; 2,0.
4	100	25	0,75; 0,87; 1,0; 1,12; 1,25, 1,37; 1,50; 1,75; 2,0.
5	120	30	0,75; 0,87; 1,0; 1,12; 1,25; 1,37; 1,50; 1,75; 2,0.
6	80	40	0,87; 1,0; 1,12; 1,25; 1,37; 1,50; 1,75; 2,0.
7	100	50	1,0; 1,12; 1,25; 1,37; 1,50; 1,75; 2,0; 2,25; 2,50.
8	120	60	1,0; 1,12; 1,25; 1,37; 1,50; 1,75; 2,0; 2,25; 2,50.
9	80	80	1,0; 1,12; 1,25; 1,37; 1,50; 1,75; 2,0; 2,25; 2,50; 2,75; 3,0.
10	100	100	1,5; 1,75; 2,0; 2,25; 2,50; 2,75; 3,0; 3,25; 3,5.
11	120	120	1,5; 1,75; 2,0; 2,25; 2,50; 2,75; 3,0; 3,25; 3,5; 3,75; 4,0.

Preis des Wellblechs 280 Mk. für 1000 kg einschl. Aufbringen.

No.	*L* m	*B* mm	*G* kg	G_1 kg	*W*	*p* bei einer freitrag. Länge von m 1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
1	0,9	1566	10,0	11,0	8,2	—	—	—	—	—
2	3,1	924	10,1	11,0	14,22	853	379	213	136	95
3	3—6	480	9,5	10,3	5,7	342	152	85	55	38
4	3—6	600	9,7	10,5	7,125	427	190	107	68	47
5	3—6	720	9,7	10,5	8,55	513	228	128	82	57
6	3—6	480	13,2	14,4	14,92	895	398	224	143	99
7	3—6	600	12,9	14,0	18,65	1119	497	280	179	124
8	3—6	720	12,7	13,8	22,38	1343	597	336	215	149
9	3—6	480	20,9	22,7	44,0	2640	1173	660	422	293
10	4—6	600	20,4	22,0	55,0	3300	1467	825	528	367
11	4—6	600	20,9	22,6	66,0	3960	1760	990	634	440

Preis des verzinkten Wellblechs in 1^{mm} Stärke 350 Mk. für 1000 kg.

C. Buckel-Platten

von der Dillinger Hütte zu Dillingen a. d. Saar, und der Union, Actiengesellschaft für Bergbau, Eisen- u. Stahl-Industrie in Dortmund. (*L* = Länge, *B* = Breite der Platte, *b* = Breite des geraden Randes, *h* = Pfeil des Buckels in Millim., *G* das Gewicht in kg.)

No.	*B*	*L*	*b*	*h*	*G* Gewicht für 1 Stück bei einer Blechstärke von 6	6,5	7	7,5	8	8,5	9	9,5	10
1	1490	1490	78	130	104	112,5	21,5	130	139	147,5	156,5	165,5	173,5
2	1140	1140	40	85	61	66	71	76	81	86	91	96	101
3	1098	1098	40	75	56,5	61	66	70,5	76	81	85	90	94
4	1098	1098	78	78	56,5	61	66	70,5	76	81	85	90	94
5	1000	1000	60	72	47	51	54,5	58,5	62,5	66,5	70,5	74	78
6	750	750	60	45	26,5	28,5	30,5	33	35	37	39,5	41,5	44
7	500	500	60	27	11,5	12,5	13,5	14,5	15,5	16,5	17,5	18,5	19,5
8	1630	1270	80	130	96,5	105	113	121,5	129,5	137,5	145,5	153,5	161,5
9	1100	770	55	80	39,5	43	46	49,5	53	56,5	59,5	63	76
10	1265	1265	80	100	75	81	87,5	94	100	106,5	112,5	118,5	124,5

Bezeichnet *P* die zulässige gleichförmig vertheilte Belastung von Buckelplatten von 0,9—1,0^{m} frei tragende Länge für 1 qm und *G* das Gewicht für 1 qm, *d* die Blechdicke.

d	*G*	*P*	*d*	*G*	*P*
2	14,8	560	5,0	38,6	3400
2,5	19,0	730	6,0	46,8	4900
3,0	23,2	1160	7,0	55,0	6300
4,0	31,0	2000	8,0	63,2	7700

Preis der Buckelplatten ca. 270 Mk. für 1000 kg einschl. Befestigung.
Profilirte Bleche u. s. w. von Jacob Hilgers s. Anzeigen i. d. Beilage.

XI. Gewichtstafeln für Ketten u. Drahtseile.

A. Hanfseile, Drahtseile, Ketten.

Dicke des Seils oder Ketteneisens in mm.	Tragkraft in Kilogramm.			Dicke des Seils oder Ketteneisens in mm.	Tragkraft in Kilogramm.		
	Hanfseile.	Für runde Eisen-Drahtseile.	Ketten ohne Stege.		Hanfseile.	Für runde Eisen-Drahtseile.	Ketten ohne Stege.
5	20	70	230	25	500	1100	5800
8	51	150	600	30	600	1500	8300
10	80	200	925	35	800	—	11500
12	115	275	1350	40	950	—	—
15	180	400	2100	50	1300	—	—
20	320	700	3700				

Diese Tafel gilt für bewegte Seile und Ketten; in ruhiger Inanspruchnahme verharrende Hanfseile können 1,8mal mehr tragen.

B. Kurzgliederige Schiffs- und Krahnenketten

(von der Duisburger Maschinenbauactiengesellschaft, vormals Bechem & Keetman in Duisburg a. Rh.).

Innere Länge (Baulänge) der Glieder = $2^1/_2$ mal die Ketteneisenstärke.
Aeussere Breite der Glieder = $3^1/_2$ mal die Ketteneisenstärke.

Ketteneisenstärke in mm.	Zulässige Belastung in kg.	Ungef. Gewicht von 1 m in ko.	Ketteneisenstärke in mm.	Zulässige Belastung in kg.	Ungef. Gewicht von 1 m in ko.
5	250	0,58	20	4000	8,98
6	360	0,81	22	4840	10,87
7	490	1,10	24	5760	12,94
8	640	1,44	26	6760	15,18
9	810	1,82	28	7840	17,61
10	1000	2,25	30	9000	20,22
11	1210	2,72	33	10890	24,46
12	1440	3,24	36	12960	29,11
13	1690	3,80	39	15210	34,16
14	1960	4,41	43	18490	41,53
15	2250	5,06	46	21160	47,53
16	2560	5,75	49	24010	53,82
18	3240	7,28	52	27040	60,73

C. Drahtseile aus Gussstahl

(von Felten & Guilleaume in Mülheim am Rhein).

δ Durchmesser der Drähte in mm, n Anzahl der Drähte, d Durchmesser der Seile, G Gewicht von 1 m Seil, B Bruchbelastung in kg.

δ	n	d	G	B	δ	n	d	G	B	δ	n	d	G	B
0,5	96	9	18	2300	0,9	96	16	56	7390	1,3	42	12	52	6720
0,5	144	11	27	3460	0,9	144	19	87	11090	1,3	72	16	91	11520
0,5	210	13	39	5040	0,9	210	23	128	16170	1,3	96	19	122	15360
0,5	252	14	48	6050	0,9	252	25	153	19400	1,3	114	20	145	18240
0,6	96	10	25	3260	1,0	42	9	32	3990	1,4	42	13	62	7770
0,6	144	13	39	4900	1,0	84	13	63	7980	1,4	72	17	106	13320
0,6	210	16	58	7140	1,0	168	24	126	15960	1,4	96	21	141	17760
0,6	252	17,5	68	8570	1,0	252	28	189	23940	1,4	114	22	168	21090
0,7	96	13	34	4410	1,1	42	10	38	4790	1,5	42	14	71	8900
0,7	144	16	53	6625	1,1	72	13	65	8210	1,5	72	19	122	15265
0,7	210	18	77	9660	1,1	96	16	87	10945	1,5	96	22	162	20350
0,7	252	20	93	11590	1,1	114	17	103	13000	1,5	114	23	192	24170
0,8	96	14	44	5760	1,2	42	11	45	5710	1,6	42	15	81	10120
0,8	144	17,5	69	8640	1,2	84	16	91	11425	1,6	72	20	138	17350
0,8	210	20,5	101	12600	1,2	168	29	175	22840	1,6	96	24	184	23140
0,8	252	22	121	15120	1,2	252	35	262	34270	1,6	114	25	219	27475

Digitized by Go

XII. Gewichtstafeln u. s. w. für gusseiserne Röhren.

Von dem Verein deutscher Ingenieure und von dem Verein der Gas- und Wasserfachmänner Deutschlands ist nachstehende Normaltabelle für gusseiserne Flantschen- und Muffenrohre (sowie für Façonstücke siehe die nächste Seite oben) aufgestellt worden.

A. Normaltafel*) für gusseiserne Flantschen- und Muffenrohre.

Lichter Durchm. D	Normalwandstärke δ' für 6—7 Atmosph.	Ausführbarkeitswandstärke in Millimeter†).	Flantschenrohre.										Muffenrohre.						
			Flantschendurchm. D^1	Flantschendicke f	Schraubenlochkreisdurchm. D^2	Schrauben. Anzahl.	Schrauben. Stärke in Millim.	Schrauben. Durchm. der Schraubenlöcher.	Baulänge.	Gewicht eines Rohres (rund).	Gewicht einer Flantsche nebst Anschluss (rund).	Gewicht von 1m Rohr ausschl. Flantsche.	Aeusserster Muffendurchmesser.	Innerer Muffendurchmesser.	Tiefe der Muffe.	Gewicht von 1 m ausschl. Muffe.	Gewicht der Muffe.	Gewicht von 1 m Baulänge einschl. Muffe.	Baulänge.
mm	mm		mm	mm	mm			mm	mm	k	k	k	mm	mm	mm	k	k	k	m
40	8	7	150	18	115	4	13	15	2	21,4	2	8,75	120	69	74	8,75	2,0	9,75	2
50	8	7,5	160	18	125	4	15,5	17	2	25,5	2,2	10,58	132	81	77	10,58	2,6	11,88	2
60	8,5	8	175	19	135	4	15,5	17	3	45	2,7	13,26	143	91	80	13,26	3,15	14,83	2
70	8,5	8,2	185	19	145	4	15,5	17	3	51,4	2,9	15,20	153	101	82	15,19	3,7	17,05	2
80	9	8,4	200	20	160	4	15,5	17	3	61,7	3,5	18,25	164	112	83	18,25	4,32	19,70	3
90	9	8,7	215	20	170	4	15,5	17	3	68,8	4	20,30	175	122	86	20,30	5,0	21,83	3
100	9	9,0	230	20	180	4	19	21	3	76	4,4	22,32	186	133	88	22,32	5,8	24,25	3
125	10	9,1	260	21	210	4	19	21	3	98	5,6	28,94	213	158	91	28,94	7,34	31,38	3
150	10	9,3	290	22	240	6	19	21	3	122	6,9	36,45	242	185	94	36,45	8,90	39,06	3
175	10,5	9,7	320	22	270	6	19	21	3	149	8	44,38	270	211	97	44,38	10,61	47,90	3
200	11	10,0	350	23	300	6	19	21	3	178	9,6	52,91	299	238	99	52,91	12,33	57,0	3
225	11,5	10,3	370	23	320	6	19	21	3	206	9,9	61,96	315	264	100	61,96	14,32	66,79	3
250	12	10,7	400	24	350	8	19	21	3	238	11,6	71,61	351	291	101	71,61	16,32	77,03	3
275	12,5	11,0	425	25	375	8	19	21	3	273	12,9	82,30	378	317	102	82,30	19,12	88,67	3
300	13	11,3	450	25	400	8	19	21	3	306	13,7	93,00	406	343	104	93,00	21,93	100,0	3
325	13,5	11,8	490	26	435	10	22,5	25	3	343	17,2	102,87	433	368	105	102,87	24,91	111,17	3
350	14	12,3	520	26	465	10	22,5	25	3	376	18,9	112,75	460	394	106	112,75	27,90	122,06	3
375	14	12,7	550	27	495	10	22,5	25	3	415	21,5	124,04	489	421	107	124,04	30,00	134,04	3
400	14,5	13,0	575	27	520	10	22,5	25	3	456	22,6	136,85	518	448	109	136,85	34,09	147,21	3
425	14,5	13,3	600	28	545	12	22,5	25	3	484	24,5	145,16	545	473	110	145,16	37,27	157,58	3
450	15	13,7	630	28	570	12	22,5	25	3	539	26,5	162,00	573	499	111	162,0	40,45	175,53	3
475	15,5	14,0	655	29	600	12	22,5	25	3	582	28,6	173,80	600	525	112	174,84	44,09	189,54	3
500	16	14,3	680	30	625	12	22,5	25	3	624	30,7	187,68	628	551	114	187,68	47,74	204,13	3
550	16,5	15,0	740	33	675	14	26	28,5	3	723	39	214,97	682	603	116	214,97	55,33	233,4.	3
600	17	15,7	790	33	725	16	26	28,5	3	813	42	243,28	736	655	119	243,28	63,52	264,46	3
650	18	16,3	840	33	775	18	26	28,5	3	916	43	276,60	791	707	122	276,60	73,47	301,08	3
700	19	17,0	900	33	830	18	26	28,5	3	1034	50	311,27	846	759	125	311,27	84,63	339,45	3
750	20	17,7	950	33	880	20	26	28,5	3	1148	53	347,96	897	812	127	347,96	94,40	379,44	3
800	21	18,3	1020	36	940	20	29,5	32	3	1297	68	387,10	949	866	129	387,10	104,64	421,98	3
900	22,5	19,7	1120	36	1040	22	29,5	32	3	1567	74	472,81	1066	968	134	472,81	135,94	518,15	3
1000	24	21,0	1220	36	1140	24	29,5	32	3	1872	96	560,00	1177	1074	140	560,05	168,47	616,21	3

*) Diese Tafel ergibt für Werke, welche guten Guss liefern, vollständig genügende Wandstärken. Hierbei ist angenommen, dass die Röhren einem Betriebsdruck von rd. 10 Atmosphären ausgesetzt und einem Probedruck von 20 Atmosphären unterworfen worden sind. Neuerdings wurde eine zweite Normaltafel (bei Oldenburg in München) ausgegeben, welche durchweg grössere Stärken aufweist, sich jedoch noch nicht einzubürgern vermocht hat.

†) Nach Wertheim. Wasserleitungen, welche einem Betriebsdruck von 4—6 Atmosphären oder weniger ausgesetzt sind, dürfen — guten

Die Façonstücke werden gewöhnlich mit grossen Buchstaben bezeichnet. Hiernach ist

ein A-Stück eine Muffenröhre mit einem mit Flantsche versehenen senkrechten Abzweig,
« B- « « « mit einem mit Muffe versehenen senkrechten Abzweig,
« C- « « « mit einem mit Muffe versehenen schiefen Abzweig.

Uebersicht der A-, B- und C-Stücke.

A- und B-Stücke.			C-Stücke.		
D Durchmesser des Hauptrohres. mm	d Durchmesser des Abzweiges. mm	L Baulänge. m	D Durchmesser des Hauptrohres. mm	d Durchmesser des Abzweiges. mm	L Baulänge. m
40—100	40—100	0,8	40—100	40—100	0,8
125—325	40—325	1,0	125—275	40—275	1,0
350—500	40—300	1,0	300—425	40—250	1,0
	325—500	1,25		275—425	1,25
550—750	40—250	1,0	450—600	40—250	1,0
	275—500	1,25		275—425	1,25
	550—750	1,50		450—600	1,50
			650—750	40—250	1,0
				275—425	1,25
				450—600	1,50
				650—750	1,75

Diejenigen Abzweigstücke, deren Abzweig einen Durchmesser von 400^{mm} und mehr besitzt, sind von 2 Atmosphären Betriebsdruck an sowohl in ihren Wandungen als auch nöthigenfalls durch Rippen zu verstärken.

E-Stücke. (Flantschen-Muffenstücke.) Baulänge $L = 300^{mm}$.

F-Stücke. (Flantschen-Schwanzstücke.)

Baulänge: $L = 600^{mm}$ für $D = 40—475^{mm}$.
$L = 800^{mm}$ für $D = 500—750^{mm}$

I-Stücke (scharfe Bogenstücke von 30°).

R Radius der Krümmungsmittellinie.

Für $D = 40—90^{mm}$, $R = 250^{mm}$; für $D \gtrless 100^{mm}$, $R = 150 + D^{mm}$.

Länge m des geraden Spitzendes: für $D = 40—375^{mm}$, $m = D + 200^{mm}$.
« $D \gtrless 400^{mm}$, $m = 600^{mm}$.

K-Stücke (schlanke Bogenstücke 2 für 1 Quadrant). Radius $R = 10\ D$.

L-Stücke (schlanke Bogenstücke 3 für 1 Quadrant, zulässig für $D \gtrless 300^{mm}$). $R = 5\ D$.

R-Stücke. (Uebergangsrohre.) Baulänge $L = 1{,}0^{m}$. Länge des cylinderischen Stückes am glatten Ende $= 2\ t$ (t = innere Muffentiefe).

U-Stücke. (Ueberschieber.) Ganze Länge = 4 Muffentiefen.

Bei der Berechnung der Gewichte von Formstücken ist dem Gewichte, welches nach den normalen Dimensionen berechnet ist, ein Zuschlag von 15%, bei Krümmern ein solcher von 20% zu geben.

Für Anordnung der Schraubenlöcher in den Flantschen gilt die Regel, dass in der Verticalebene durch die Axe des Rohres sich keine Schraubenlöcher befinden sollen.

Guss vorausgesetzt — mit Röhren von diesen Wandstärken ausgeführt werden. Solche Leitungen sind auf 12 Atmosphären zu prüfen. Dampfleitungen, welche in Folge der hierbei vorkommenden Wärmeunterschiede starken Spannungen ausgesetzt sind, sowie sonstige der raschen Abnützung ausgesetzte Leitungen erhalten entsprechend grössere Fleischstärken.

XIII. Cubiktafel für Rund- und Kanthölzer.

Es bedeutet: D den mittleren Durchmesser, U den mittleren Umfang eines Stammes, S die Seite des quadratischen und b/h ($= 5/7$)*) Breite und Höhe des rechteckigen Querschnitts eines Kantholzes, welches man aus einem Stamm mit dem kleinsten Durchmesser D bearbeiten kann in Centimetern, K_0, K_1 und K_2 die Cubikinhalte des Rundholzes, des Balkens mit quadratischem und des Balkens mit rechteckigem Querschnitt in Cubikmetern für eine Länge von 10^m.

D	U	S	b/h	K_0	K_1	K_2	D	U	S	b/h	K_0	K_1	K_2
10	31	7	5.8	0,079	0,0490	0,040	50	157	35	29.41	1,963	1,225	1,189
12	38	8	7.10	0,113	0,0640	0,070	52	163	37	30.42	2,124	1,369	1,260
14	44	10	8.11	0,154	0,1000	0,088	54	170	38	31.44	2,290	1,444	1,364
16	50	11	9.13	0,201	0,1210	0,117	56	176	40	32.46	2,463	1,600	1,472
18	56	13	10.15	0,254	0,1690	0,150	58	182	41	33.47	2,642	1,681	1,551
20	63	14	12.16	0,314	0,1960	0,192	60	188	42	35.49	2,827	1,764	1,715
22	69	16	13.18	0,380	0,2560	0,234	62	195	44	36.51	3,019	1,936	1,836
24	75	17	14.20	0,452	0,284	0,280	64	201	45	37.52	3,217	2,025	1,924
26	82	18	15.21	0,531	0,324	0,315	66	207	47	38.54	3,421	2,209	2,052
28	88	20	16.23	0,616	0,400	0,368	68	214	48	39.56	3,632	2,304	2,184
30	94	21	17.24	0,707	0,441	0,408	70	220	49	40.57	3,848	2,401	2,280
32	100	23	18.26	0,804	0,529	0,468	72	226	51	41.59	4,072	2,601	2,419
34	107	44	20.28	0,908	0,576	0,560	74	232	52	43.60	4,301	2,704	2,580
36	113	25	21.29	1,018	0,625	0,609	76	239	54	44.62	4,536	2,916	2,728
38	119	27	22.31	1,134	0,729	0,682	78	245	55	45.64	4,778	3,025	2,880
40	126	28	23.33	1,257	0,784	0,759	80	251	56	46.65	5,027	3,136	2,990
42	132	30	24.34	1,385	0,900	0,816	82	256	58	47.67	5,281	3,364	3,149
44	138	31	25.36	1,521	0,961	0,900	84	264	59	49.69	5,542	3,481	3,381
46	144	33	27.38	1,662	1,089	1,026	86	270	61	50.70	5,809	3,721	3,500
48	151	34	28.39	1,810	1,156	1,092	88	277	62	51.72	6,082	3,844	3,672

XIV. Wärme.

Thermometerskalen.

n Grad Celsius $= 32 + 9/5$ n Grad Fahrenheit $= 4/5$ n Grad Réaumur.
n Grad Réaumur $= 32 + 9/4$ n Grad Fahrenheit $= 5/4$ n Grad Celsius.
n Grad Fahrenheit $= 5/9$ (n — 32) Grad Celsius $= 4/9$ (n — 32) Grad Réaumur.

1 Calorie (= 1 c) ist diejenige Wärmemenge, welche zur Erwärmung von 1 kg Wasser von 0^0 auf 1^0 Celsius erforderlich ist. Dieselbe entspricht nach Joule einer mechanischen Arbeit von 424 mkg, nach Bartoli einer solchen von 429,4 mkg.

Tafel über die Längenausdehnung verschiedener Körper bei der Wärmezunahme von 0 bis 100 Grad C.

Benennung.	Längen-Ausdehn.	Benennung.	Längen-Ausdehn.	Benennung.	Längen-Ausdehn.
Blei	1/351	Messing . . .	1/535	Stahl, gehärtet	1/807
Glas	1/1160	Platin	1/1100	Zink	1/340
Gold	1/682	Silber	1/524	Zinn	1/516
Gusseisen . .	1/900	Stabeisen . . .	1/812	Quecksilber . .	1/166,5
Kupfer . . .	1/582	Stahl, ungehärtet	1/927	Wasser . . .	1/71,4

*) Eine bei Tragbalken gewöhnlich angenommene Verhältnisszahl.

Digitized by Google

Die körperliche Ausdehnung von 0 bis 100 Grad C. beträgt für Quecksilber = 1/55,5; Wasser = 1/23,8; Luft = 11/30.

Die Ausdehnung des Wassers ist bei verschiedenen Wärmegraden sehr verschieden. Bei 4 Grad C. ist die Dichtigkeit desselben am grössten.

Tabelle über die specifische Wärme verschiedener Körper.

Benennung.	Specif. Wärme.	Benennung.	Specif. Wärme.	Benennung.	Specif. Wärme.
Alcohol, absol. .	0,7000	Luft 0° Celsius const. Druck .	0,2377	Schmiedeeisen .	0,1138
Blei	0,0314	Kupfer	0,0952	Silber	0,0570
Glas	0,1777	Marmor	0,2099	Stahl	0,1185
Gusseisen . . .	0,1298	Messing	0,0939	Zink	0,0956
Holz	0,6500	Quecksilber . .	0,0333	Zinn . . .	0,0565
Luft const. Vol.	0,1687			Wasser	1,000

Um einen Körper vom Gewicht G, von 0° und der sog. specifischen Wärme w um t° zu erwärmen, sind angenähert G . t . w Calorien erforderlich. Die specifische Wärme wechselt mit der Körperdichte und der Wärme.

Längen-Schwindmaass der Metalle.

Gusseisen	1/96
Messing	1/65
Glockenmetall	1/63
Kanonenmetall	1/134
Zink	1/62
Blei.	1/92
Zinn	1/147

Die Schwindmaasse nach der Fläche bei Metallen sind doppelt und die nach dem Rauminhalt dreimal so gross als nach der Seite.

In Walzwerken rechnet man auf 1 Meter 12mm Schwindung.

Schwinden des Holzes nach „Engineering“ in Procenten.

	I.	II.	III.
Buchen . . .	0,20	0,60	7,05
Eichen . . .	0,00	2,65	4,13
Eschen . . .	0,26	5,35	6,90
Linden . . .	0,10	5,73	7,17
Föhren . . .	0,00	2,49	2,87
Fichten . . .	0,00	2,08	2,62

I. In der Richtung der Fasern.
II. In der Richtung des Stammhalbmessers.
III. In der Richtung senkrecht auf die Ebene der Spiegel.

XV. Tafeln der Raumgewichte.

Gewichte von 1 Kubik-Dezimeter in kg.

A. Feste Körper.

Aluminium . . .	2,56
Antimon	6,72
Anthracit . .	1,3—1,7
Asphalt.	1,2
Blei . . .	11,35—11,37
Braunkohle .	1,2—1,5
Bronze . . .	8,3—8,6
Cokes	1,4
Eis	0,92
Erde:	
fette Garten-	1,6—2,0
lockere, mager .	1,3
Lehm, fetter	1,6—2,1
« erhärt.	1,45—1,5
Sand, fein u. trocken .	1,40—1,64
Sand, feucht	1,90—1,95
« grober und trocken . .	1,43
Kies, trock.	1,37—1,49
« feucht	1,85—2,0
Töpferthon	1,85—1,89
Thonerde, trock.	1,55
« nass .	1,95
Feldspath	2,60
Glas, Fenster- .	2,64
« Flint- . .	3,33
Glockenmetall . .	8,8
Gold, gegossen . .	19,26
Gusseisen, graues .	7,10
« weisses	7,50

Holz:	Grün.	Lufttrocken.
Ahorn- .	0,90	0,67
Apfelb.- .	—	0,73
Birken- .	0,90	0,74

Holz:	Grün.	Luft-trocken.
Rothbch.	0,97	0,75
Buxb.	1,00	0,94
Eben-	—	1,19
Eichen-	1,03	0,62-0,85
Erlen-	0,80	0,55
Eschen-	0,85	0,67
Fichten-	0,90	0,47
Kiefern-	0,91	0,55
Kork-	—	0,24
Lerchen-	0,85	0,52
Linden-	0,82	0,56
Mahagoni-	—	0,75
Nussbm.	0,88	0,66
Pappel-	0,77	0,39
Pock-	—	1,26
Tannen-	0,89	0,56
Ulme	0,97	0,66
Weide	0,80-0,99	0,45-0,58
Weissbch.	1,0	0,73

Holzkohle von Nadelh.	0,28—0,40
« Hartholz	0,47
« Eichenholz	0,57
Kupfer, gehämmert	8,94
Kupfer, gegossen	8,79

Mauerwerk:	
Bruchstein-	2,30—2,46
Sandstein-	2,05—2,12
Ziegelstein-	1,47—1,80
Mergel	2,4—2,6
Messing	8,55
Nickel	8,8
Platina	22,7
Salz (Koch-)	2,1—2,2
Salz (Meer-)	2,21
Schmiedeeisen	7,6—7,78
Schwefel	1,96—2,05
Steinkohle	1,21—1,51
« Cannel	1,42
Silber	10,47
« gehämmert	10,51
Stahl	7,26—7,80
Gussstahl	7,872

Steine:	
Alabaster	2,7
Basalt	2,7—3,2
Beton	1,6—2,8
Bimsstein	0,9—1,6
Dachschiefer	2,74
Gneis	2,4—2,7
Granit	2,54—2,85
Gypsstein	2,16—2,20
Kalkstein	2,36—2,84
Kiesel	2,3—2,7
Kreide	1,9—2,7
Lava	2,76
Marmor	2,5—2,85
Nagelfluhe	2,1
Sandstein	1,9—2,7
Schiefer	2,6—2,70
Schwerspath	4,48—4,72
Serpentin	2,55
Porphyr	2,4—2,80
Quarzfels	2,5—2,8
Harter Tuffstein	2,0
Wismuth	9,83
Zink, gegossen	6,80
« gewalzt	7,00
Zinn	7,29

Verschiedene Baumaterialien:	
Kalk, gebr.	1,2—1,5
Kalk, abgel. fester Teig	1,33—1,43
Kalkmörtel	1,64—1,86
Cement, gebrannter	1,38—1,54
Portland-Cementpulver	1,4—1,7
« erhärtet	2,7—3,0
Gyps, angem.	1,59
« getrockn.	1,41
Backsteine, gebrannte	1,46—1,60
Klinker, gebrannter	1,52—2,29
Ziegel, gebrannt.	1,91
Chamottesteine	1,85
Thonwaaren	1,92—2,14
Steingut	2,3
Steinschotter.	2,0
Beton, Mittel	2,0

B. Geschichtete Körper einschl. Zwischenräume.

Buchenholz (in gross. Scheiten)	0,40	Holzkohle (weiches Holz)	0,15
Cokes	0,43	Pechtorf	0,84
Eichenholz (in gross. Scheiten)	0,50	Steinkohle in klein. Stück.	0,85—0,95
Eichenholz (geflösst)	0,42	« « grob. «	0,90—1,05
Erdtorf	0,73	Steinkohlenasche	0,65—0,68
Fichtenholz	0,32	Torfcokes	0,28
Holzkohle (hartes Holz)	0,22	Weisstannenholz	0,34

C. Flüssige Körper.

Aether b. 20° C.	0,716	Oel: Leinöl	0,940	Salpetersäure, conc.	1,500
Alcohol, abs. b. 20° C.	0,792	Rüböl	0,914	Salzsäure, conc.	1,200
Luft	0,0013	Olivenöl	0,915	Schwefels., conc..	1,850
Milch	1,030	Erdöl	0,79—0,81	Seewasser	1,01—1,027
		Quecksilber b. 0°	13,595	Schnee	0,065—0,070

D. Spezifische Gewichte der gasförmigen Körper,
bei 0° C. und 0,76^{m} Druck.

Atmosph. Luft	1,000	Oelbildendes Gas	0,985	Steinkohlengas	0,4—0,6
Kohlenoxydgas	0,941	Sauerstoff	1,103	Wasserstoff	0,069
Kohlensäure	1,529	Stickstoff	0,976	Wasserdmpf b. 100°	0,470

Gewicht eines Kubik-Dezimeters in kg gleich 0,0013 mal spezifisches Gewicht.

XVI. Tafel der mittleren Erdgewichte und des natürlichen Böschungswinkels ϱ.

Bodenart	Werth für ϱ	spez. Gewicht
	0	
Dammerde, luftfeucht	45	1,6
« fest hinterstampft	60—65	1,8—1,9
« mit Wasser durchtränkt	26	1,9
Lehmerde, luftfeucht	45—60	1,6
« fest hinterstampft	70—80	1,9
« mit Wasser durchtränkt	30	2,1
Sand, luftfeucht	40	1,6—1,7
« fest hinterstampft	40	1,7
« mit Wasser durchtränkt	24	1,9
Gerölle je nach Form der Einzeltheile	30—45	1,7—1,8

XVII. Tafel der zulässigen Beanspruchung bei der Berliner Baupolizei.

Material	Beanspruchung kg/qcm		
	Zug	Druck	Schub
Schmiedeeisen	750	750	600
Gusseisen	250	500	100
Gussstahl gehärtet	3000	3000	2200
Buchen-, Eschen-, Eichen-Holz	120	66	—
Kiefernholz	80	60	—
Tannenholz	60	50	—
Basaltsteine	—	75	—
Granitsteine	—	45	—
Rüdersdorfer Kalksteine	—	25	—
Sandsteine	—	15—30	—
Gewöhnl. Ziegelmauerwerk in Kalk	—	7	—
Bestes Ziegelmauerwerk in Cement	—	11	—
Bestes Klinkermauerwerk in Cement	—	12—14	—
Steine aus Cementmasse	—	12	—
Guter Baugrund	—	2,5	—

Tage-werke.	1,10 M.				1,20 M.				1,30 M.				1,40 M.				1,50 M.			
	0	1/4	1/2	3/4	0	1/4	1/2	3/4	0	1/4	1/2	3/4	0	1/4	1/2	3/4	0	1/4	1/2	3/4
0	0,00	0,28	0,55	0,83	0,00	0,30	0,60	0,90	0,00	0,33	0,65	0,98	0,00	0,35	0,70	1,05	0,00	0,38	0,75	1,13
1	1,10	1,38	1,65	1,93	1,20	1,50	1,80	2,10	1,30	1,63	1,95	2,28	1,40	1,75	2,10	2,45	1,50	1,88	2,25	2,63
2	2,20	2,48	2,75	3,03	2,40	2,70	3,00	3,30	2,60	2,93	3,25	3,58	2,80	3,15	3,50	3,85	3,00	3,38	3,75	4,13
3	3,30	3,58	3,85	4,13	3,60	3,90	4,20	4,50	3,90	4,23	4,55	4,88	4,20	4,55	4,90	5,25	4,50	4,88	5,25	5,63
4	4,40	4,68	4,95	5,23	4,80	5,10	5,40	5,70	5,20	5,53	5,85	6,18	5,60	5,95	6,30	6,65	6,00	6,38	6,75	7,13
5	5,50	5,78	6,05	6,33	6,00	6,30	6,60	6,90	6,50	6,83	7,15	7,48	7,00	7,35	7,70	8,05	7,50	7,88	8,25	8,63
6	6,60	6,88	7,15	7,43	7,20	7,50	7,80	8,10	7,80	8,13	8,45	8,78	8,40	8,75	9,10	9,45	9,00	9,38	9,75	10,13
7	7,70	7,98	8,25	8,53	8,40	8,70	9,00	9,30	9,10	9,43	9,75	10,08	9,80	10,15	10,50	10,85	10,50	10,88	11,25	11,63
8	8,80	9,08	9,35	9,63	9,60	9,90	10,20	10,50	10,40	10,73	11,05	11,38	11,20	11,55	11,90	12,25	12,00	12,38	12,75	13,13
9	9,90	10,18	10,45	10,73	10,80	11,10	11,40	11,70	11,70	12,03	12,35	12,68	12,60	12,95	13,30	13,65	13,50	13,88	14,25	14,63
10	11,00	11,28	11,55	11,83	12,00	12,30	12,60	12,90	13,00	13,33	13,65	13,98	14,00	14,35	14,70	15,05	15,00	15,38	15,75	16,13
11	12,10	12,38	12,65	12,93	13,20	13,50	13,80	14,10	14,30	14,63	14,95	15,28	15,40	15,75	16,10	16,45	16,50	16,88	17,25	17,63
12	13,20	13,48	13,75	14,03	14,40	14,70	15,00	15,30	15,60	15,93	16,25	16,58	16,80	17,15	17,50	17,85	18,00	18,38	18,75	19,13
13	14,30	14,58	14,85	15,13	15,60	15,90	16,20	16,50	16,90	17,23	17,55	17,88	18,20	18,55	18,90	19,25	19,50	19,88	20,25	20,63
14	15,40	15,68	15,95	16,23	16,80	17,10	17,40	17,70	18,20	18,53	18,85	19,18	19,60	19,95	20,30	20,65	21,00	21,38	21,75	22,13
15	16,50	16,78	17,05	17,33	18,00	18,30	18,60	18,90	19,50	19,83	20,15	20,48	21,00	21,35	21,70	22,05	22,50	22,88	23,25	23,63
16	17,60	17,88	18,15	18,43	19,20	19,50	19,80	20,10	20,80	21,13	21,45	21,78	22,40	22,75	23,10	23,45	24,00	24,38	24,75	25,13
17	18,70	18,98	19,25	19,53	20,40	20,70	21,00	21,30	22,10	22,43	22,75	23,08	23,80	24,15	24,50	24,85	25,50	25,88	26,25	26,63
18	19,80	20,08	20,35	20,63	21,60	21,90	22,20	22,50	23,40	23,73	24,05	24,38	25,20	25,55	25,90	26,25	27,00	27,38	27,75	28,13
19	20,90	21,18	21,45	21,73	22,80	23,10	23,40	23,70	24,70	25,03	25,35	25,68	26,60	26,95	27,30	27,65	28,50	28,88	29,25	29,63
20	22,00	22,28	22,55	22,83	24,00	24,30	24,60	24,90	26,00	26,33	26,65	26,98	28,00	28,35	28,70	29,05	30,00	30,38	30,75	31,13
21	23,10	23,38	23,65	23,93	25,20	25,50	25,80	26,10	27,30	27,63	27,95	28,28	29,40	29,75	30,10	30,45	31,50	31,88	32,25	32,63
22	24,20	24,48	24,75	25,05	26,40	26,70	27,00	27,30	28,60	28,93	29,25	29,58	30,80	31,15	31,50	31,85	33,00	33,38	33,75	34,13
23	25,30	25,58	25,85	26,13	27,60	27,90	28,20	28,50	29,90	30,23	30,55	30,88	32,20	32,55	32,90	33,25	34,50	34,88	35,25	35,63
24	26,40	26,68	26,95	27,23	28,80	29,10	29,40	29,70	31,20	31,53	31,85	32,18	33,60	33,95	34,30	34,65	36,00	36,38	36,75	37,13
25	27,50	27,78	28,05	28,33	30,00	30,30	30,60	30,90	32,50	32,83	33,15	33,48	35,00	35,35	35,17	36,05	37,50	37,88	38,25	38,63
26	28,60	28,88	29,15	29,43	31,20	31,50	31,80	32,10	33,80	34,13	34,45	34,78	36,40	36,75	37,10	37,45	39,00	39,38	39,75	40,13
27	29,70	29,98	30,25	30,53	32,40	32,70	33,00	33,30	35,10	35,43	35,75	36,08	37,80	38,15	38,50	38,85	40,50	40,88	41,25	41,63
28	30,80	31,08	31,35	31,63	33,60	33,90	34,20	34,50	36,40	36,73	37,05	37,38	39,20	39,55	39,90	40,25	42,00	42,38	42,75	43,13
29	31,90	32,18	32,45	32,73	34,80	35,10	35,40	35,70	37,70	38,03	38,35	38,68	40,60	40,95	41,30	41,65	43,50	43,88	44,25	44,63
30	33,00	33,28	33,55	33,83	36,00	36,30	36,60	36,90	39,00	39,33	39,65	39,98	42,00	42,35	42,70	43,05	45,00	45,38	45,75	46,13
31	34,10	34,38	34,65	34,93	37,20	37,50	37,80	38,10	40,30	40,63	40,95	41,28	43,40	43,75	44,10	44,45	46,50	46,88	47,25	47,63

Digitized by Google

Tage-werke.	1,60 M.				1,70 M.				1,80 M.				1,90 M.				2,00 M.			
	0	1/4	1/2	3/4	0	1/4	1/2	3/4	0	1/4	1/2	3/4	0	1/4	1/2	3/4	0	1/4	1/2	3/4
0	0,00	0,40	0,80	1,20	0,00	0,43	0,85	1,28	0,00	0,45	0,90	1,35	0,00	0,48	0,95	1,43	0,00	0,50	1,00	1,50
1	1,60	2,00	2,40	2,80	1,70	2,13	2,55	2,98	1,80	2,25	2,70	3,15	1,90	2,38	2,85	3,33	2,00	2,50	3,00	3,50
2	3,20	3,60	4,00	4,40	3,40	3,83	4,25	4,68	3,60	4,05	4,50	4,95	3,80	4,28	4,75	5,23	4,00	4,50	5,00	5,50
3	4,80	5,20	5,60	6,00	5,10	5,53	5,95	6,38	5,40	5,85	6,30	6,75	5,70	6,18	6,65	7,13	6,00	6,50	7,00	7,50
4	6,40	6,80	7,20	7,60	6,80	7,23	7,65	8,08	7,20	7,65	8,10	8,55	7,60	8,08	8,55	9,03	8,00	8,50	9,00	9,50
5	8,00	8,40	8,80	9,20	8,50	8,93	9,35	9,78	9,00	9,45	9,90	10,35	9,50	9,98	10,45	10,93	10,00	10,50	11,00	11,50
6	9,60	10,00	10,40	10,80	10,20	10,63	11,05	11,48	10,80	11,25	11,70	12,15	11,40	11,88	12,35	12,83	12,00	12,50	13,00	13,50
7	11,20	11,60	12,00	12,40	11,90	12,33	12,75	13,18	12,60	13,05	13,50	13,95	13,30	13,78	14,25	14,73	14,00	14,50	15,00	15,50
8	12,80	13,20	13,60	14,00	13,60	14,03	14,45	14,88	14,40	14,85	15,30	15,75	15,20	15,68	16,15	16,63	16,00	16,50	17,00	17,50
9	14,40	14,80	15,20	15,60	15,30	15,73	16,15	16,58	16,20	16,65	17,10	17,55	17,10	17,58	18,05	18,53	18,00	18,50	19,00	19,50
10	16,00	16,40	16,80	17,20	17,00	17,43	17,85	18,28	18,00	18,45	18,90	19,35	19,00	19,48	19,95	20,43	20,00	20,50	21,00	21,50
11	17,60	18,00	18,40	18,80	18,70	19,13	19,55	19,98	19,80	20,25	20,70	21,15	20,90	21,38	21,85	22,33	22,00	22,50	23,00	23,50
12	19,20	19,60	20,00	20,40	20,40	20,83	21,25	21,68	21,60	22,05	22,50	22,95	22,80	23,28	23,75	24,23	24,00	24,50	25,00	25,50
13	20,80	21,20	21,60	22,00	22,10	22,53	22,95	23,38	23,40	23,85	24,30	24,75	24,70	25,18	25,65	26,13	26,00	26,50	27,00	27,50
14	22,40	22,80	23,20	23,60	23,80	24,23	24,65	25,08	25,20	25,65	26,10	26,55	26,60	27,08	27,55	28,03	28,00	28,50	29,00	29,50
15	24,00	24,40	24,80	25,20	25,50	25,93	26,35	26,78	27,00	27,45	27,90	28,35	28,50	28,98	29,45	29,93	30,00	30,50	31,00	31,50
16	25,60	26,00	26,40	26,80	27,20	27,63	28,05	28,48	28,80	29,25	29,70	30,15	30,40	30,88	31,35	31,83	32,00	32,50	33,00	33,50
17	27,20	27,60	28,00	28,40	28,90	29,33	29,75	30,18	30,60	31,05	31,50	31,95	32,30	32,78	33,25	33,73	34,00	34,50	35,00	35,50
18	28,80	29,20	29,60	30,00	30,60	31,03	31,45	31,88	32,40	32,85	33,30	33,75	34,20	34,68	35,15	35,63	36,00	36,50	37,00	37,50
19	30,40	30,80	31,20	31,60	32,30	32,73	33,15	33,58	34,20	34,65	35,10	35,55	36,10	36,58	37,05	37,53	38,00	38,50	39,00	39,50
20	32,00	32,40	32,80	33,20	34,00	34,43	34,85	35,28	36,00	36,45	36,90	37,35	38,00	38,48	38,95	39,43	40,00	40,50	41,00	41,50
21	33,60	34,00	34,40	34,80	35,70	36,13	36,55	36,98	37,80	38,25	38,70	39,15	39,90	40,38	40,85	41,33	42,00	42,50	43,00	43,50
22	35,20	35,60	36,00	36,40	37,40	37,83	38,25	38,68	39,60	40,05	40,50	40,95	41,80	42,28	42,75	43,23	44,00	44,50	45,00	45,50
23	36,80	37,20	37,60	38,00	39,10	39,53	39,95	40,38	41,40	41,85	42,30	42,75	43,70	44,18	44,65	45,13	46,00	46,50	47,00	47,50
24	38,40	38,80	39,20	39,60	40,80	41,23	41,65	42,08	43,20	43,65	44,10	44,55	45,60	46,08	46,55	47,03	48,00	48,50	49,00	49,50
25	40,00	40,40	40,80	41,20	42,50	42,93	43,35	43,78	45,00	45,45	45,90	46,35	47,50	47,98	48,45	48,93	50,00	50,50	51,00	51,50
26	41,60	42,00	42,40	42,80	44,20	44,63	45,05	45,48	46,80	47,25	47,70	48,15	49,40	49,88	50,35	50,83	52,00	52,50	53,00	53,50
27	43,20	43,60	44,00	44,40	45,90	46,33	46,75	47,18	48,60	49,05	49,50	49,95	51,30	51,78	52,25	52,73	54,00	54,50	55,00	55,50
28	44,80	45,20	45,60	46,00	47,60	48,03	48,45	48,88	50,40	50,85	51,30	51,75	53,20	53,68	54,15	54,63	56,00	56,50	57,00	57,50
29	46,40	46,80	47,20	47,60	49,30	49,73	50,15	50,58	52,20	52,65	53,10	53,55	55,10	55,58	56,05	56,53	58,00	58,50	59,00	59,50
30	48,00	48,40	48,80	49,20	51,00	51,43	51,85	52,28	54,00	54,45	54,90	55,35	57,00	57,48	57,95	58,43	60,00	60,50	61,00	61,50
31	49,60	50,00	50,40	50,80	52,70	53,13	53,55	53,98	55,80	56,25	56,70	57,15	58,90	59,38	59,85	60,33	62,00	62,50	63,00	63,50

Digitized by

Tage-werke.	2,10 M.				2,20 M.				2,30 M.				2,40 M.				2,50 M.			
	0	1/4	1/2	3/4	0	1/4	1/2	3/4	0	1/4	1/2	3/4	0	1/4	1/2	3/4	0	1/4	1/2	3/4
0	0,00	0,53	1,05	1,58	0,00	0,55	1,10	1,65	0,00	0,58	1,15	1,73	0,00	0,60	1,20	1,80	0,00	0,63	1,25	1,88
1	2,10	2,63	3,15	3,68	2,20	2,75	3,30	3,85	2,30	2,88	3,45	4,03	2,40	3,00	3,60	4,20	2,50	3,13	3,75	4,38
2	4,20	4,73	5,25	5,78	4,40	4,95	5,50	6,05	4,60	5,18	5,75	6,33	4,80	5,40	6,00	6,60	5,00	5,63	6,25	6,88
3	6,30	6,83	7,35	7,88	6,60	7,15	7,70	8,25	6,90	7,48	8,05	8,63	7,20	7,80	8,40	9,00	7,50	8,13	8,75	9,38
4	8,40	8,93	9,45	9,98	8,80	9,35	9,90	10,45	9,20	9,78	10,35	10,93	9,60	10,20	10,80	11,40	10,00	10,63	11,25	11,88
5	10,50	11,03	11,55	12,08	11,00	11,55	12,10	12,65	11,50	12,08	12,65	13,23	12,00	12,60	13,20	13,80	12,50	13,13	13,75	14,38
6	12,60	13,13	13,65	14,18	13,20	13,75	14,30	14,85	13,80	14,38	14,95	15,53	14,40	15,00	15,60	16,20	15,00	15,63	16,25	16,88
7	14,70	15,23	15,75	16,28	15,40	15,95	16,50	17,05	16,10	16,68	17,25	17,83	16,80	17,40	18,00	18,60	17,50	18,13	18,75	19,38
8	16,80	17,33	17,85	18,38	17,60	18,15	18,70	19,25	18,40	18,98	19,55	20,13	19,20	19,80	20,40	21,00	20,00	20,63	21,25	21,88
9	18,90	19,43	19,95	20,48	19,80	20,35	20,90	21,45	20,70	21,28	21,85	22,43	21,60	22,20	22,80	23,40	22,50	23,13	23,75	24,38
10	21,00	21,53	22,05	22,58	22,00	22,55	23,10	23,65	23,00	23,58	24,15	24,73	24,00	24,60	25,20	25,80	25,00	25,63	26,25	26,88
11	23,10	23,63	24,15	24,68	24,20	24,75	25,30	25,85	25,30	25,88	26,45	27,03	26,40	27,00	27,60	28,20	27,50	28,13	28,75	29,38
12	25,20	25,73	26,25	26,78	26,40	26,95	27,50	28,05	27,60	28,18	28,75	29,33	28,80	29,40	30,00	30,60	30,00	30,63	31,25	31,88
13	27,30	27,83	28,35	28,88	28,60	29,15	29,70	30,25	29,90	30,48	31,05	31,63	31,20	31,80	32,40	33,00	32,50	33,13	33,75	34,38
14	29,40	29,93	30,45	30,98	30,80	31,35	31,90	32,45	32,20	32,78	33,35	33,93	33,60	34,20	34,80	35,40	35,00	35,63	36,25	36,88
15	31,50	32,03	32,55	33,08	33,00	33,55	34,10	34,65	34,50	35,08	35,65	36,23	36,00	36,60	37,20	37,80	37,50	38,13	38,75	39,38
16	33,60	34,13	34,65	35,18	35,20	35,75	36,30	36,85	36,80	37,38	37,95	38,53	38,40	39,00	39,60	40,20	40,00	40,63	41,25	41,88
17	35,70	36,23	36,75	37,28	37,40	37,95	38,50	39,05	39,10	39,68	40,25	40,83	40,80	41,40	42,00	42,60	42,50	43,13	43,75	44,38
18	37,80	38,33	38,85	39,38	39,60	40,15	40,70	41,25	41,40	41,98	42,55	43,13	43,20	43,80	44,40	45,00	45,00	45,63	46,25	46,88
19	39,90	40,43	40,95	41,48	41,80	42,35	42,90	43,45	43,70	44,28	44,85	45,43	45,60	46,20	46,80	47,40	47,50	48,13	48,75	49,38
20	42,00	42,53	43,05	43,58	44,00	44,55	45,10	45,65	46,00	46,58	47,15	47,73	48,00	48,60	49,20	49,80	50,00	50,63	51,25	51,88
21	44,10	44,63	45,15	45,68	46,20	46,75	47,30	47,85	48,30	48,88	49,45	50,03	50,40	51,00	51,60	52,20	52,50	53,13	53,75	54,38
22	46,20	46,73	47,25	47,78	48,40	48,95	49,50	50,05	50,60	51,18	51,75	52,33	52,80	53,40	54,00	54,60	55,00	55,63	56,25	56,88
23	48,30	48,83	49,35	49,88	50,60	51,15	51,70	52,25	52,90	53,48	54,05	54,63	55,20	55,80	56,40	57,00	57,50	58,13	58,75	59,38
24	50,40	50,93	51,45	51,98	52,80	53,35	53,90	54,45	55,20	55,78	56,35	56,93	57,60	58,20	58,80	59,40	60,00	60,63	61,25	61,88
25	52,50	53,03	53,55	54,08	55,00	55,55	56,10	56,65	57,50	58,08	58,65	59,23	60,00	60,60	61,20	61,80	62,50	63,13	63,75	64,38
26	54,60	55,13	55,65	56,18	57,20	57,75	58,30	58,85	59,80	60,38	60,95	61,53	62,40	63,00	63,60	64,20	65,00	65,63	66,25	66,88
27	56,70	57,23	57,75	58,28	59,40	59,95	60,50	61,05	62,10	62,68	63,25	63,83	64,80	65,40	66,00	66,60	67,50	68,13	68,75	69,38
28	58,80	59,33	59,85	60,38	61,60	62,15	62,70	63,25	64,40	64,98	65,55	66,13	67,20	67,80	68,40	69,00	70,00	70,63	71,25	71,88
29	60,90	61,43	61,95	62,48	63,80	64,35	64,90	65,45	66,70	67,28	67,85	68,43	69,60	70,20	70,80	71,40	72,50	73,13	73,75	74,38
30	63,00	63,53	64,05	64,58	66,00	66,55	67,10	67,65	69,00	69,58	70,15	70,73	72,00	72,60	73,20	73,80	75,00	75,63	76,25	76,88
1	65,10	65,63	66,15	66,68	68,20	68,75	69,30	69,85	71,30	71,88	72,45	73,03	74,40	75,00	75,60	76,20	77,50	78,13	78,75	79,38

Tage-werke.	2,60 M.				2,70 M.				2,80 M.				2,90 M.				3,00 M.			
	0	1/4	1/2	3/4	0	1/4	1/2	3/4	0	1/4	1/2	3/4	0	1/4	1/2	3/4	0	1/4	1/2	3/4
0	0,00	0,65	1,30	1,95	0,00	0,68	1,35	2,03	0,00	0,70	1,40	2,10	0,00	0,73	1,45	2,18	0,00	0,75	1,50	2,25
1	2,60	3,25	3,90	4,55	2,70	3,38	4,05	4,73	2,80	3,50	4,20	4,90	2,90	3,63	4,35	5,08	3,00	3,75	4,50	5,25
2	5,20	5,85	6,50	7,15	5,40	6,08	6,75	7,43	5,60	6,30	7,00	7,70	5,80	6,53	7,25	7,98	6,00	6,75	7,50	8,25
3	7,80	8,45	9,10	9,75	8,10	8,78	9,45	10,13	8,40	9,10	9,80	10,50	8,70	9,43	10,15	10,88	9,00	9,75	10,50	11,25
4	10,40	11,05	11,70	12,35	10,80	11,48	12,15	12,83	11,20	11,90	12,60	13,30	11,60	12,33	13,05	13,78	12,00	12,75	13,50	14,25
5	13,00	13,65	14,30	14,95	13,50	14,18	14,85	15,53	14,00	14,70	15,40	16,10	14,50	15,23	15,95	16,68	15,00	15,75	16,50	17,25
6	15,60	16,25	16,90	17,55	16,20	16,88	17,55	18,23	16,80	17,50	18,20	18,90	17,40	18,13	18,85	19,58	18,00	18,75	19,50	20,25
7	18,20	18,85	19,50	20,15	18,90	19,58	20,25	20,93	19,60	20,30	21,00	21,70	20,30	21,03	21,75	22,48	21,00	21,75	22,50	23,25
8	20,80	21,45	22,10	22,75	21,60	22,28	22,95	23,63	22,40	23,10	23,80	24,50	23,20	23,93	24,65	25,38	24,00	24,75	25,50	26,25
9	23,40	24,05	24,70	25,35	24,30	24,98	25,65	26,33	25,20	25,90	26,60	27,30	26,10	26,83	27,55	28,28	27,00	27,75	28,50	29,25
10	26,00	26,65	27,30	27,95	27,00	27,68	28,35	29,03	28,00	28,70	29,40	30,10	29,00	29,73	30,45	31,18	30,00	30,75	31,50	32,25
11	28,60	29,25	29,90	30,55	29,70	30,38	31,05	31,73	30,80	31,50	32,20	32,90	31,90	32,63	33,35	34,08	33,00	33,75	34,50	35,25
12	31,20	31,85	32,50	33,15	32,40	33,08	33,75	34,43	33,60	34,30	35,00	35,70	34,80	35,53	36,25	36,98	36,00	36,75	37,50	38,25
13	33,80	33,45	35,10	35,75	35,10	35,78	36,45	37,13	36,40	37,10	37,80	38,50	37,70	38,43	39,15	39,88	39,00	39,75	40,50	41,25
14	36,40	37,05	37,70	38,35	37,80	38,48	39,15	39,83	39,20	39,90	40,60	41,30	40,60	41,33	42,05	42,78	42,00	42,75	43,50	44,25
15	39,00	39,65	40,30	40,95	40,50	41,18	41,85	42,53	42,00	42,70	43,40	44,10	43,50	44,23	44,95	45,68	45,00	45,75	46,50	47,25
16	41,60	42,25	42,90	43,55	43,20	43,88	44,55	45,23	44,80	45,50	46,20	46,90	46,40	47,13	47,85	48,58	48,00	48,75	49,50	50,25
17	44,20	44,85	45,50	46,15	45,90	46,58	47,25	47,93	47,60	48,30	49,00	49,70	49,30	50,03	50,75	51,48	51,00	51,75	52,50	53,25
18	46,80	47,45	48,10	48,75	48,60	49,28	49,95	50,63	50,40	51,10	51,80	52,50	52,20	52,93	53,65	54,38	54,00	54,75	55,50	56,25
19	49,40	50,05	50,70	51,35	51,30	51,98	52,65	53,33	53,20	53,90	54,60	55,30	55,10	55,83	56,55	57,28	57,00	57,75	58,50	59,25
20	52,00	52,65	53,30	53,95	54,00	54,68	55,35	56,03	56,00	56,70	57,40	58,10	58,00	58,73	59,45	60,18	60,00	60,75	61,50	62,25
21	54,60	55,25	55,90	56,55	56,70	57,38	58,05	58,73	58,80	59,50	60,20	60,90	60,90	61,63	62,35	63,08	63,00	63,75	64,50	65,25
22	57,20	57,85	58,50	59,15	59,40	60,08	60,75	61,43	61,60	62,30	63,00	63,70	63,80	64,53	65,25	65,98	66,00	66,75	67,50	68,25
23	59,80	60,45	61,10	61,75	62,10	62,78	63,45	64,13	64,40	65,10	65,80	66,50	66,70	67,43	68,15	68,88	69,00	69,75	70,50	71,25
24	62,40	63,05	63,70	64,35	64,80	65,48	66,15	66,83	67,20	67,90	68,60	69,30	69,60	70,33	71,05	71,78	72,00	72,75	73,50	74,25
25	65,00	65,65	66,30	66,95	67,50	68,18	68,85	69,53	70,00	70,70	71,40	72,10	72,50	73,23	73,95	74,68	75,00	75,75	76,50	77,25
26	67,60	68,25	68,90	69,55	70,20	70,88	71,55	72,23	72,80	73,50	74,20	74,90	75,40	76,13	76,85	77,58	78,00	78,75	79,50	80,25
27	70,20	70,85	71,50	72,15	72,90	73,58	74,25	74,93	75,60	76,30	77,00	77,70	78,30	79,03	79,75	80,48	81,00	81,75	82,50	83,25
28	72,80	73,45	74,10	74,75	75,60	76,28	76,95	77,63	78,40	79,10	79,80	80,50	81,20	81,93	82,65	83,38	84,00	84,75	85,50	86,25
29	75,40	76,05	76,70	77,35	78,30	78,98	79,65	80,33	81,20	81,90	82,60	83,30	84,10	84,83	85,55	86,28	87,00	87,75	88,50	89,25
30	78,00	78,65	79,30	79,95	81,00	81,68	82,35	83,03	84,00	84,70	85,40	86,10	87,00	87,73	88,45	89,18	90,00	90,75	91,50	92,25
31	80,60	81,25	81,90	82,55	83,70	84,38	85,05	85,73	86,80	87,50	88,20	88,90	89,90	90,63	91,35	92,08	93,00	93,75	94,50	95,25

Digitized by Google

Tage-werke.	3,10 M.				3,20 M.				3,30 M.				3,40 M.				3,50 M.			
	0	1/4	1/2	3/4	0	1/4	1/2	3/4	0	1/4	1/2	3/4	0	1/4	1/2	3/4	0	1/4	1/2	3/4
0	0,00	0,78	1,55	2,33	0,00	0,80	1,60	2,40	0,00	0,83	1,65	2,48	0,00	0,85	1,70	2,55	0,00	0,88	1,75	2,63
1	3,10	3,88	4,65	5,43	3,20	4,00	4,80	5,60	3,30	4,13	4,95	5,78	3,40	4,25	5,10	5,95	3,50	4,38	5,25	6,13
2	6,20	6,98	7,75	8,53	6,40	7,20	8,00	8,80	6,60	7,43	8,25	9,08	6,80	7,65	8,50	9,35	7,00	7,88	8,75	9,63
3	9,30	10,08	10,85	11,63	9,60	10,40	11,20	12,00	9,90	10,73	11,55	12,38	10,20	11,05	11,90	12,75	10,50	11,38	12,25	13,13
4	12,40	13,18	13,95	14,73	12,80	13,60	14,40	15,20	13,20	14,03	14,85	15,68	13,60	14,45	15,30	16,15	14,00	14,88	15,75	16,63
5	15,50	16,28	17,05	17,83	16,00	16,80	17,60	18,40	16,50	17,33	18,15	18,98	17,00	17,85	18,70	19,55	17,50	18,38	19,25	20,13
6	18,60	19,38	20,15	20,93	19,20	20,00	20,80	21,60	19,80	20,63	21,45	22,28	20,40	21,25	22,10	22,95	21,00	21,88	22,75	23,63
7	21,70	22,48	23,25	24,03	22,40	23,20	24,00	24,80	23,10	23,93	24,75	25,58	23,80	24,65	25,50	26,35	24,50	25,38	26,25	27,13
8	24,80	25,58	26,35	27,13	25,60	26,40	27,20	28,00	26,40	27,23	28,05	28,88	27,20	28,05	28,90	29,75	28,00	28,88	29,75	30,63
9	27,90	28,68	29,45	30,23	28,80	29,60	30,40	31,20	29,70	30,53	31,35	32,18	30,60	31,45	32,30	33,15	31,50	32,38	33,25	34,13
10	31,00	31,78	32,55	33,33	32,00	32,80	33,60	34,40	33,00	33,83	34,65	35,48	34,00	34,85	35,70	36,55	35,00	35,88	36,75	37,63
11	34,10	34,88	35,65	36,43	35,20	36,00	36,80	37,60	36,30	37,13	37,95	38,78	37,40	38,25	39,10	39,95	38,50	39,38	40,25	41,13
12	37,20	37,98	38,75	39,53	38,40	39,20	40,00	40,80	39,60	40,43	41,25	42,08	40,80	41,66	42,50	43,35	42,00	42,88	43,75	44,63
13	40,30	41,08	41,85	42,63	41,60	42,40	43,20	44,00	42,90	43,73	44,55	45,38	44,20	45,05	45,90	46,75	45,50	46,38	47,25	48,13
14	43,40	44,18	44,95	45,73	44,80	45,60	46,40	47,20	46,20	47,03	47,85	48,68	47,60	48,45	49,30	50,15	49,00	49,88	50,75	51,63
15	46,50	47,28	48,05	48,83	48,00	48,80	49,60	50,40	49,50	50,33	51,15	51,98	51,00	51,85	52,70	53,55	52,50	53,38	54,25	55,13
16	49,60	50,38	51,15	51,93	51,20	52,00	52,80	53,60	52,80	53,63	54,45	55,28	54,40	55,25	56,10	56,95	56,00	56,88	57,75	58,63
17	52,70	53,48	54,25	55,03	54,40	55,20	56,00	56,80	56,10	56,93	57,75	58,58	57,80	58,65	59,50	60,35	59,50	60,38	61,25	62,13
18	55,80	56,58	57,35	58,13	57,60	58,40	59,20	60,00	59,40	60,23	61,05	61,88	61,20	62,05	62,90	63,75	63,00	63,88	64,75	65,63
19	58,90	59,68	60,45	61,23	60,80	61,60	62,40	63,20	62,70	63,53	64,35	65,18	64,60	65,45	66,30	67,15	66,50	67,38	68,25	69,13
20	62,00	62,78	63,55	64,33	64,00	64,80	65,60	66,40	66,00	66,83	67,65	68,48	68,00	68,85	69,70	70,55	70,00	70,88	71,75	72,63
21	65,10	65,88	66,65	67,43	67,20	68,00	68,80	69,60	69,30	70,13	70,95	71,78	71,40	72,25	73,10	73,95	73,50	74,38	75,25	76,13
22	68,20	68,98	69,75	70,53	70,40	71,20	72,00	72,80	72,60	73,43	74,25	75,08	74,80	75,65	76,50	77,35	77,00	77,88	78,75	79,63
23	71,30	72,08	72,85	73,63	73,60	74,40	75,20	76,00	75,90	76,73	77,55	78,38	78,20	79,05	79,90	80,75	80,50	81,38	82,25	83,13
24	74,40	75,18	75,95	76,73	76,80	77,60	78,40	79,20	79,20	80,03	80,85	81,68	81,60	82,45	83,30	84,15	84,00	84,88	85,75	86,63
25	77,50	78,28	79,05	79,83	80,00	80,80	81,60	82,40	82,50	83,33	84,15	84,98	85,00	85,85	86,70	87,55	87,50	88,38	89,25	90,13
26	80,60	81,38	82,15	82,93	83,20	84,00	84,80	85,60	85,80	86,63	87,45	88,28	88,40	89,25	90,10	90,95	91,00	91,88	92,75	93,63
27	83,70	84,48	85,25	86,03	86,40	87,20	88,00	88,80	89,10	89,93	90,75	91,58	91,80	92,65	93,50	94,35	94,50	95,38	96,25	97,13
28	86,80	87,58	88,35	89,13	89,60	90,40	91,20	92,00	92,40	93,23	94,05	94,88	95,20	96,05	96,90	97,75	98,00	98,88	99,75	100,63
29	89,90	90,68	91,45	92,23	92,80	93,60	94,40	95,20	95,70	96,53	97,35	98,18	98,60	99,45	100,30	101,15	101,50	102,38	103,25	104,13
30	93,00	93,78	94,55	95,33	96,00	96,80	97,60	98,40	99,00	99,83	100,65	101,48	102,00	102,85	103,70	104,55	105,00	105,88	106,75	107,63
31	96,10	96,88	97,65	98,43	99,20	100,00	100,80	101,60	102,30	103,13	103,95	104,78	105,40	106,25	107,10	107,95	108,50	109,38	110,25	111,13

Digitized by Google

Tage-werke	3,60 M.				3,70 M.				3,80 M.				3,90 M.				4,00 M.			
	0	1/4	1/2	3/4	0	1/4	1/2	3/4	0	1/4	1/2	3/4	0	1/4	1/2	3/4	0	1/4	1/2	3/4
0	0,00	0,90	1,80	2,70	0,00	0,93	1,85	2,78	0,00	0,95	1,90	2,85	0,00	0,98	1,95	2,93	0,00	1,00	2,00	3,00
1	3,60	4,50	5,40	6,30	3,70	4,63	5,55	6,48	3,80	4,75	5,70	6,65	3,90	4,88	5,85	6,83	4,00	5,00	6,00	7,00
2	7,20	8,10	9,00	9,90	7,40	8,33	9,25	10,18	7,60	8,55	9,50	10,45	7,80	8,78	9,75	10,73	8,00	9,00	10,00	11,00
3	10,80	11,70	12,60	13,50	11,10	12,03	12,95	13,88	11,40	12,35	13,30	14,25	11,70	12,68	13,65	14,63	12,00	13,00	14,00	15,00
4	14,40	15,30	16,20	17,10	14,80	15,73	16,65	17,58	15,20	16,15	17,10	18,05	15,60	16,58	17,55	18,53	16,00	17,00	18,00	19,00
5	18,00	18,90	19,80	20,70	18,50	19,43	20,35	21,28	19,00	19,95	20,90	21,85	19,50	20,48	21,45	22,43	20,00	21,00	22,00	23,00
6	21,60	22,50	23,40	24,30	22,20	23,13	24,05	24,98	22,80	23,75	24,70	25,65	23,40	24,38	25,35	26,33	24,00	25,00	26,00	27,00
7	25,20	26,10	27,00	27,90	25,90	26,83	27,75	28,68	26,60	27,55	28,50	29,45	27,30	28,28	29,25	30,23	28,00	29,00	30,00	31,00
8	28,80	29,70	30,60	31,50	29,60	30,53	31,45	32,38	30,40	31,35	32,30	33,25	31,20	32,18	33,15	34,13	32,00	33,00	34,00	35,00
9	32,40	33,30	34,20	35,10	33,30	34,23	35,15	36,08	34,20	35,15	36,10	37,05	35,10	36,08	37,05	38,03	36,00	37,00	38,00	39,00
10	36,00	36,90	37,80	38,70	37,00	37,93	38,85	39,78	38,00	38,95	39,90	40,85	39,00	39,98	40,95	41,93	40,00	41,00	42,00	43,00
11	39,60	40,50	41,40	42,30	40,70	41,63	42,55	43,48	41,80	42,75	43,70	44,65	42,90	43,88	44,85	45,83	44,00	45,00	46,00	47,00
12	43,20	44,10	45,00	45,90	44,40	45,33	46,25	47,18	45,60	46,55	47,50	48,45	46,80	47,78	48,75	49,73	48,00	49,00	50,00	51,00
13	46,80	47,70	48,60	49,50	48,10	49,03	49,95	50,88	49,40	50,35	51,30	52,25	50,70	51,68	52,65	53,63	52,00	53,00	54,00	56,00
14	50,40	51,30	52,20	53,10	51,80	52,73	53,65	54,58	53,20	54,15	55,10	56,05	54,60	55,58	56,55	57,53	56,00	57,00	58,00	59,00
15	54,00	54,90	55,80	56,70	55,50	56,43	57,35	58,28	57,00	57,95	58,90	59,85	58,50	59,48	60,45	61,43	60,00	61,00	62,00	63,00
16	57,60	58,50	59,40	60,30	59,20	60,13	61,05	61,98	60,80	61,75	62,70	63,65	62,40	63,38	64,35	65,33	64,00	65,00	66,00	67,00
17	61,20	62,10	63,00	63,90	62,90	63,83	64,75	65,68	64,60	65,55	66,50	67,45	66,30	67,28	68,25	69,23	68,00	69,00	70,00	71,00
18	64,80	65,70	66,60	67,50	66,60	67,53	68,45	69,38	68,40	69,35	70,30	71,25	70,20	71,18	72,15	73,13	72,00	73,00	74,00	75,00
19	68,40	69,30	70,20	71,10	70,30	71,23	72,15	73,08	72,20	73,15	74,10	75,05	74,10	75,08	76,05	77,03	76,00	77,00	78,00	79,00
20	72,00	72,90	73,80	74,70	74,00	74,93	75,85	76,78	76,00	76,95	77,90	78,85	78,00	78,98	79,95	80,93	80,00	81,00	82,00	83,00
21	75,60	76,50	77,40	78,30	77,70	78,63	79,55	80,48	79,80	80,75	81,70	82,65	81,90	82,88	83,85	84,83	84,00	85,00	86,00	87,00
22	79,20	80,10	81,00	81,90	81,40	82,33	83,25	84,18	83,60	84,55	85,50	86,45	85,80	86,78	87,75	88,73	88,00	89,00	90,00	91,00
23	82,80	83,70	84,60	85,50	85,10	86,03	86,95	87,88	87,40	88,35	89,30	90,25	89,70	90,68	91,65	92,63	92,00	93,00	94,00	95,00
24	86,40	87,30	88,20	89,10	88,80	89,73	90,65	91,58	91,20	92,15	93,10	94,05	93,60	94,58	95,55	96,53	96,00	97,00	98,00	99,00
25	90,00	90,90	91,80	92,70	92,50	93,43	94,35	95,28	95,00	95,95	96,90	97,85	97,50	98,48	99,45	100,43	100,00	101,00	102,00	103,00
26	93,60	94,50	95,40	96,30	96,20	97,13	98,05	98,98	98,80	99,75	100,70	101,65	101,50	102,38	103,35	104,33	104,00	105,00	106,00	107,00
27	97,20	98,10	99,00	99,90	99,90	100,83	101,75	102,68	102,60	103,55	104,50	105,45	105,30	106,28	107,25	108,23	108,00	109,00	110,00	111,00
28	100,80	101,70	102,60	103,50	103,60	104,53	105,45	106,38	106,40	107,35	108,30	109,25	109,20	110,18	111,15	112,13	112,00	113,00	114,00	115,00
29	104,40	105,30	106,20	107,10	107,30	108,23	109,15	110,08	110,20	111,15	112,10	113,05	113,10	114,08	115,05	116,03	116,00	117,00	118,00	119,00
30	108,00	108,90	109,80	110,70	111,00	111,93	112,85	113,78	114,00	114,95	115,90	116,85	117,00	117,98	118,95	119,93	120,00	121,00	122,00	123,00
31	111,60	112,50	113,40	114,30	114,70	115,63	116,55	117,48	117,80	118,75	119,70	120,65	120,90	121,88	122,85	123,83	124,00	125,00	126,00	127,00

Digitized by Google

XIX. Zum Handgebrauch.

I. Einige Angaben aus dem Hochbau.

Mauern. Freistehend: Stärke mind. 1/10 der Höhe; Bruchstein 1/8. Bei 1 Stein starken Mauern gewöhnlich alle 4—6m ein 2 Stein starker Pfeiler. Wohnhäuser durchschnittlich in den Umfassungsmauern: Keller 3 Stein stark, Erdgeschoss und 1. Stockwerk 2 1/2 Stein, 2. und 3. Stockwerk 2 Stein, bewohnbares Dachgeschoss 1 1/2 Stein stark und Dachboden durchgängig 1 Stein mit Verstärkungspfeiler. Balkentragende Mittelmauern 1 1/2—2 Stein. Treppenmauern 1—1 1/2 Stein. Scheidemauern 1/2 bis 1 Stein. Giebelmauern in den beiden obersten Stockwerken mindestens 1 Stein, die darunter liegende 1 1/2 bez. 2 Steine. Fabrik-Schornsteine 15m hoch, oben 15cm, unten 51cm stark.

Stärke der Bögen im Scheitel

bei einer Spannweite	halbkreisförmig	gedrückt bis zu 1/8 Pfeil Höhe
bis 1 3/4 m	1 Stein	1 1/2 Steine
von 2 —3 m	1 1/2 Steine	1 1/2—2 «
« 3 1/2—5 3/4 m	2 «	2 —2 1/2 «
« 6 —8 1/2 m	2 1/2 «	2 1/2—3 «

Die Widerlagerstärke b bestimmt sich bei Höhen bis zu 3m aus $b = 1/4\ l$, für Halbkreisbogen, und aus $b = 1/3\ l$ für Stichbögen. Ist h > als 3m, so ist $b = 1/4\ l + 1/8\ h$; bis $1/3\ l + 1/8\ h$.

Stärke der Gewölbe. Dieselbe geht aus nachstehender Tabelle hervor, worin bedeutet l Spannweite, f Pfeilhöhe, h Widerlagerhöhe, s Scheitelstärke, k Kämpferstärke, b Widerlagerstärke.

Benennung.	Form.	Spannweite.	Belastung.	Stärke im Scheitel.	Widerlagerstärke.	
Tonnengewölbe	halbkreisförmig	bis 4,0m	Fussboden	1/2 Stein *)	für $h \leqq 3^m$	für $h > 3^m$
		üb. 4,0m	do.	1 Stein *)	$b = 1/6\ l$;	$b = 1/6\ l + 1/7\ h$
Kappengewölbe a) Gurten	Stichbogenförmig.	bis 2,0m	do.	$f = 1/4\ l$	$1/4\ l$	
		« 3,5 «		1 St.		
		« 6,0 «		1 1/2 «		
		« 9,0 «		2 «		
				2 1/2 «		
b) Kappen	$f = 1/8\ l$	bis 3,0m	do.	s = 1/2 St., k = 1 «	$1/5\ l$, aber nicht unter 1 1/2 St.	
		« 6,0m	do.	s = 1 «, k = 1 1/2 «		

Mittlere Stockwerkshöhe = 4,0m. Thüren und Fenster 1,8—2 Mal so hoch wie breit. 1-Flügel-Thür rd. 1,0—1,1m, 2-Flügelthüren 1,4m breit. Fensterbreite 1,0—1,3. Brüstungshöhe durchschn. 0,8. Abstand des Fensters von Decke 0,43—0,56m. Treppen: 1 Auftritt + 2 Steigungen = 65cm Steigung 16 — 20cm. Breite der Treppe meist 1,25m. Flächenerforderniss für Zimmer 25—30 qm (für Beamtenwohnungen sollte für Zimmer mind. 20, für Kammer mind. 10 qm gerechnet werden).

Speicher. Beschüttungshöhe für Getreide 52—73cm. Bodenbreite mind. 12, Höhe 3,0m.

Zimmerarbeiten. Balkenentfernung 0,90 — 1,10m. Stärke bei 4m freier Länge 16/21 bis 18/24cm, bei 5m 18/26cm, bei 6m 21/28 bis 23/29cm, über 6m gewöhnl. Verstärkung durch Unterzüge oder Versteifung. Annähernd Höhe d. Balken 0,16 + 0,02 l. l = frtg. Länge.

Dachlatten. 6—7,5m lang, 4/6cm oder 4/8cm stark; Lattenweite: Ziegel 14—30cm, Schiefer 24—26, Zinkwellen 46—50. Sparren durchschnittlich 4m (Pappdach bis 4,7m) freitragend. Bei 13cm Stärke, Sparrenweite: Schieferdach, Asphalt- und Pappdach 1,25, Kronen- und Doppel-

*) Alle 2,0—2,5m Verstärkungs-Rippen von 1—1 1/2 St. Breite.

Digitized by Google

dach 0,9—1,2. Dachpfannen und einf. Ziegeldach 1,1—1,25, gewöhnl. 13/16^{cm} stark. Hauptsparren 16/18^{cm} bis 4^{m} freitragend, höchst. 5^{m} frei. Stuhlrahmen 4^{m} frei 16/18^{cm} bis 21/24 und 24/26^{cm} stark. Stuhlsäulen 16/16^{cm} bis 21/24^{cm}, Saumschwellen desgl., Stuhlpfosten 18/18^{cm}, Fetten 16/18 und 21/24^{cm} stark, durchschnittl. 4^{m} freiliegend. Streben 13/21 bis 13/26^{cm}. Kopfbänder 10/13 ev. 10/18^{cm}—1,5^{m} lang. Zangen 8/24, 10/24—10/26^{cm}. Dachneigungen: Brettabdeckung 1 : 3—1 : 4, Ziegeldach durchschnittl. 1 : 2, Schiefer durchschnittl. 1 : 4, Metalldach 1 : 8—1 : 10, Pappdach 1 : 6 — 1 : 12, Holzcement 1 : 20 und darunter. Fachwerkswände, gewöhnl. Abmessungen: Schwelle 13/20, Stiele 13/16^{cm}, Abstand bis 1,5^{m}. Eckstiele 16/16^{cm}, Binderstiele 20/20^{cm}, Riegel 13/13—13/16. Höhe der Fächer bis 1,2^{m}. Streben 13/16, Rahmholz 16/18.

II. Bedarf an Mauer-Materialien.

a) Bruchsteine.

1 cbm volles Mauerwerk erfordert 1,25—1,30 cbm regelrecht aufgesetzte Steine und 330 l Mörtel + 5% Verlust an Mörtel.

b) Ziegelsteine. (Normal-Format 6,5 : 12 : 25^{cm}.)

1 cbm volles Mauerwerk erfordert 380—400 Steine, 280 l Mörtel. Auf Bruch und Verlust, je nach Beschaffenheit des Materials 3—5%.

	Ziegel. Stück.	Mörtel. Liter. Zum Mauern.	Zum Putzen einseitig.
1 qm 1/2 Stein starkes Ziegelmauerwerk . .	50	35	17
1 qm 1 Stein stark desgl.	100	70	—
1 qm 1 1/2 Stein stark desgl.	150	105	—
1 qm 2 Stein stark desgl.	200	140	—
1 qm Fachwand 1/2 Stein stark auszumauern	35	25	15
1 qm desgl., 1/2 Stein aussen verblendet . .	75	25	—
1 qm desgl. auszumauern und zu verblenden	90	70	—
1 qm flaches Gewölbe, 1/2 Stein stark, in der Aufsicht gemessen einschl. Hintermauerung	75	55	20
1 qm desgl., ausschl. Hintermauerung . . .	56	34	—
1 qm 1/2 Stein starkes Tonnengewölbe . . .	82	50	26
1 qm 1 Stein starkes Gewölbe	165	100	—
1 qm flachseitiges Ziegelpflaster in 12^{mm} Mörtel-Bett	31	17	—
1 qm desgl. in Sandbettung, Fugen vergossen		8	—
1 qm Hochkant-Pflaster in Mörtel-Bett . .		30	—
1 qm desgl. in Sandbettung mit vergossenen Fugen	56 —	15	—
1 lfd. m Rollschicht	13	10	—
1 lfd. m Rollschicht und Flachschicht, zu Kellertreppenstufen	21	20	—
1 qm Rapputz	—	13	—
1 qm Ausfügen { Feldsteine	—	15	—
1 qm Ausfügen { Ziegel	—	5	—
1 qm Ausfügen { Fachwerk	—	3	—
1 qm glatter Wandputz, 1^{cm} stark, mit Fugenfüllung	—	15	—
1 qm Façadenputz { mit schwachen Fugen .	—	25	—
1 qm Façadenputz { mit tiefen Fugen . . .	—	30	—

1 qm Rohrdeckenputz auf Schaalung erfordert:

0,9 qm 20 cm breite und 2 cm starke Bretter mit 2 cm Zwischenraum, 25 Nägel, 6 cm lang;

einfache Rohrung 31 Stengel Rohr, 11 m Draht, 85 Stück einfache Rohrnägel, entweder 20 l Mörtel oder 17 l Mörtel und 3 l Gyps;

doppelte Rohrung 62 Stengel Rohr, 22 m Draht, 85 einfache und 85 doppelte Rohrnägel, 30 l Mörtel und 4 l Gyps.

1 Thür oder Fenster zu verputzen, je nach Grösse 30—50 l Mörtel.

1 qm Stufenlänge in Werkstein zu versetzen 3 l Mörtel.

1 qm Fugenfläche bei Werkstücken in Gesimsen etc. 10 l Mörtel.

c. Kalk und Cement.

1 Tonne gebrannter Kalk von 220 l Inhalt giebt bis 370 l gelöschten Kalk. 1 Theil Kalk und 2 Theile Sand geben höchstens 2,4 Theile Mörtel; 1 Theil Kalk und 3 Theile Sand = 3,0 Mörtel, 1 qm Putz einmal zu schlemmen und zweimal zu weissen 2 l Kalk.

1 Fass Portland-Cement von 120—125 l Inhalt an loser Masse wiegt 170—180 kg. Mischungen:

1 : 1	1 : 1,5	1 : 2	1 : 3
1,25 Mörtel,	1,7 Mörtel,	2,4 Mörtel,	3 Mörtel.

100 qm glatter Façadenputz erfordern bei 1 Theil Cement und 3 Theilen Sand (bei 10 mm Stärke) $3^1/_2$—4 Fass Cement.

d. Rohr, Draht, Nägel.

1 Schock Rohr hat 2 Bunde von 20 cm Durchmesser und 1,90 m Länge und enthält 900 Stengel.

Es gehen auf:

10 qm Schaldecke oder Wand 0,35 Schock,
10 qm Fachwand 0,12—0,14 Schock.
10 qm geschalte Decke oder Wand erfordern 0,21—0,28 Ringe Draht.
10 qm Fachwerkswand desgl. 0,12—0,18 Ringe Draht, wobei der Ring mit 1,3—1,6 mm Stärke und 280—375 m Länge gerechnet ist.
10 qm geschalte Decke oder Wand erfordern an Rohr-Nägeln 750 Stück.
10 qm Fachwerkswand desgl. 270 Stück, wobei der Rohrnagel von 2,5 cm Länge gerechnet ist.

II a. Materialbedarf für Mauerarbeiten im Wasserbau.

1 T Cement = 120 l = rd. 180 kg.

a. Bruchsteinmauerwerk in Cement für 1 cbm sind erforderlich: bei gut durch eigene Leute gesetzten Bruchsteinen 1,1 cbm Steine 330 l Cementmörtel (1 : 3).

Bei Mörtelberechnung wird angenommen, dass der Cement nur die Zwischenräume des Sandes ohne Volumenänderung der Gesammtmasse ausfüllt, z. B. für obigen Ansatz 110 l Cement 330 l Mauersand.

b. Ziegelmauerwerk in Cement, für 1 cbm sind erforderlich: Ziegelsteine 400 Stück, 360 l Mörtel (1 : 3).

c. Granitwerksteine zu versetzen, für 1 cbm sind erforderlich: im Durchschnitt 0,05 cbm Cement, 0,15 cbm Sand.

d. Beton. Die frühere Annahme, dass für 1 cbm Beton 0,90 cbm Betonkleinschlag erforderlich sei, ist nach den Erfahrungen am Oder-Spreekanal und an der Kanalisirung der oberen Oder zu hoch, dafür ist anzusetzen 0,70 cbm Betonsteine (1 cbm fest aufgesetzter Bruchsteine giebt etwa 1,20 cbm Betonschlag von 4—5 cm Würfelseite), Mörtelbedarf (1 : 3) 0,525 cbm.

e. Stampfbeton 1 Th. Mörtel (1 : 3), 1 Th. Betonsteine, 1 Th. grober Kies nach den Erfahrungen wie zu d:

0,35 cbm Betonsteine, 0,35 cbm grober Kies, 0,45 cbm Mörtel.

III. Materialbedarf von Zimmerarbeiten in Gebäuden.

Ripphölzer: Es sind erforderlich pro □m Bodenfläche 1,35—1,71 m.

Gebälk- und Dachhölzer: (Treppenöffnungen werden in Abzug gebracht).

Stärke des Gebälks.	Erforderniss an Balken und starken Wechseln pro qm		Erforderniss an Thür- u. Feuerwandwechseln pro qm	
	in Metern.	in cbm.	in Metern.	in cbm.
17/20 cm	1,6	0,054	0,073	0,0025
17/23 cm	1,6	0,062	0,17	0,0065
20/23 cm	1,7	0,078	0,186	0,0085

Kehlgebälk 14/17 bis 1,37m = 0,0315 cbm bis 1,41m = 0,0335 cbm,
17/17 bis 1,32m = 0,0312 cbm bis 1,41m = 0,0407 cbm.

Digitized by Google

1 qm Dachfläche enthält an Sparren 1,25^{m}, Grat- und Kehlsparren sind besonders zu rechnen. 1 qm Riegelwand 14^{cm} stark 2 Mal verriegelt mit 1 Thür enthält bei Wohnhäusern 2,35^{m} = 0,046 cbm, 3 Mal verriegelt 0,048 cbm. Desgl. 10^{cm} stark 2 Mal verriegelt 0,031 cbm. Eine Rahmschenkelwand erfordert 2,8 lfd. m Rahmschenkel. Ein qm Dachfläche enthält an Latten (20^{cm} gelattet) 5,0^{m}, (15^{cm} gelattet) 6,65^{m}.

Gewicht einer Fachwand 1/2 St. stark in:

Schwemmstein, porösen Steinen, Hohlziegel	beiderseits verputzt pro qm Ansichtsfläche	130 kg
in Ziegelsteinen		220 «

IV. Einige Preisangaben aus dem Hochbau.

(Mittl. Berliner Preis in Mark auf die wesentlichsten Arbeiten beschränkt.)

1. Mauerarbeiten.

1) cbm Erdaushub und Transport bis 50^{m} = 0,50 bis 0,75. 2) 1 cbm gewachs Boden abzufahren = 2,0. 3) 1 Fuhre = 2 cbm Schutt desgl. = 3,50. 4) 1 cbm Fundament- bez. Kellermauerwerk 4,0—5,0. 5) 1 cbm Ziegelmauerwerk Erdgeschoss 4,50—5,0. 6) Zulage für jedes Geschoss höher = 0,50 bis 1,0. 7) 1 qm Verblendung während des Aufmauerns: Zulage = 0,50. 8) 1 qm desgl. nachträgliche Zulage = 0,75. 9) 1 qm desgl. mit feinen Verblendern, nachträglich Zulage = 2,3. 10) 1 qm Luftisolirung, Zulage 0,75. 11) 1 qm 1/2 St. st. Mauerwerk = 1,50. 12) 1 qm Fachwerk 1/2 St. st. 1,4. 13) 1 qm desgl. mit 1/4 St. zu verblenden = 1,50. 14) 1 qm desgl. 1/2 St. zu verblenden = 1,50. 15) 1 qm Tonnengewölbe 1/2 St. mit Hintermauerung, Lehrbögen und Schalung in d. Aufs. gemessen = 3,75 16) 1 qm desgl. 1 St. st. 5,0. 17) 1 qm Kreuzgew. Kappen 1/2 St. st. = 5,0. 18) 1 qm desgl. Kappen 1 St. st. = 7,0. 19) 1 qm Kappengew. 1/2 St. st. einschl. Hintermauerung = 2,50. 20) 1 desgl. 1 St. st. = 4,25. 21) 1 qm Ziegelpflaster 1/4 St. st. in Sand einschl. Einebnung = 0,55. 22) 1 qm desgl. in Mörtel = 0,65. 23) 1 desgl. hochkanntig 1/2 St. st. in Mörtel = 1,25. 24) 1^{m} Treppenstufe in Ziegel geputzt = 2,75. 25) 1^{m} desgl. gefugt = 3,50. 26) 1 cbm Mauerwerk in Cementmörtel Zulage = 1,00 bis 1,50. 27) 1 qm Ziegelmauerwerk-Fugenverstrich in Kalk = 0,65, in Cement = 0,85. 28) 1 qm Rapp-Putz = 0,20 bis 0,30. 29) 1 qm glatten Putz bei mass. Wand = 0,30 bis 0,45. 30) 1 qm desgl. auf Fachwerk einschl. aller Zuthaten (auch Mörtel) 0,70. 31) 1 qm Decken- und Schalwandputz einschl. einf. Berohrung 0,90 bis 1,10. 32) 1 qm desgl. dopp. Berohrung 1,40. 33) 1 qm glatter Façadenputz = 0,80. 34) qm Wandputz während des Baues nachbessern und Oeffnungen einsetzen = 0,13. 35) 1 Balkenanker vermauern 0,50. 36) 100 kg. Eisenträger in den beid. unt. Geschossen fertig einzubringen 2,5 bis 3,5. 37) Zulage für jedes höhere Geschoss = 0,5 bis 1,0. 38) 1 Kellerfenster fertig einsetzen = 1,15. 39) 1 Fenster für Wohnzimmer desgl. = 1,25—2,50. 40) 1 Doppelfenster desgl. 3,50. 41) 1 Thürzarge desgl. 3,5. 42) 1^{m} Wecksteintreppe fertig zu verlegen 2,00.

Einige Mauerarbeiten in Taglohnschichten = t nach Prof. Sapper in Stuttgart.

43) cbm Fundamentmauerwerk 0,8—1,25 t. 44) cbm best. Ziegelmauerwerk = 0,45 Mauer- und 0,57 Handlangerschicht. 45) qm glatten innern Wandputz = 0,07 Mauer- und 0,01 Handlangerschicht. 46) qm glatten äussern desgl. = 0,08 Mauer- und 0,015 Handlangerschicht.

2. Isolirungen.*)

1) Gussasphalt: qm 1^{cm} stark = 2,00. 2) qm mit doppelter Isolirpappe = 1,30—1,40. 3) qm mit Asphaltfilz = 1,50.

3. Bodenbeläge.

1) qm Cementfussboden 3,25. 2) Trottoirs 4,5—5,0.

4. Steinmetzarbeiten.

1) cbm Sandstein in Blöcken: Berkaer Ilmsandstein 55—60. Anderer thüringer, sächsischer, schlesischer, hannoverscher Sandstein 80—100.

---

*) Material für Asphalt-Isolirungen liefert A. W. Andernach in Beuel a. Rhein.

Digitized by Google

2) cbm dieselben in Façadentheilen ohne wesentl. Profile Berkaer 100—110, die übrigen 140—160. 3) cbm Façadentheil in reicher Profilirung 20—25% mehr. 4) m gewöhnl. scharirte Treppenstufen: 6,00, thüringer desgl. 7,00 bis 8,0, die übrigen 8,00—10,0. 5) Für einf. Profil Zulage 0,50—1,00. 6) qm Podeste, Ansicht scharirt, thüringer 21,0, die übrigen 25—28,0.

5. Zimmer-Material und Arbeit.

1) cbm kief. Bauholz, Waldkante diagonal gemessen 5^{cm} zulässig 50. 2) cbm desgl. scharfkantig 55—60. 3) qm kief. Bohlen 10^{cm} stark unbesäumt 6,50, bes. 7,50. 4) qm desgl. 8^{cm} unbes. 5,75, bes. 6,25. 5) qm desgl. 5^{cm} unbes. 3,60, bes. 4,30. 6) qm kief. Bretter 21^{cm} unbes. 3,6, bes. 3,75. 7) qm desgl. $2{,}5^{cm}$ 2,00, bes. 2,20. 8) 1^{m} Balken, Mauerlatten, Fachwandverbände, Dachverband zu verarbeiten u. zu verlegen 0,50—0,60. 9) 1^{m} desgl. in Hänge- und Sprengewerken 1,0—1,25. 10) qm Dachschalung $2{,}5^{cm}$ stark, rauhe und bes. Bretter herzustellen einschl. Material 2,00 bis 2,50. 11) qm desgl. $3{,}25^{cm}$ st. Bretter 3,00. 12) qm desgl. Unterseite behobelt 3,75. 13) qm 25^{mm} starke Bretterwand beiderseitig behobelt einschl. Material und Fugenleisten etc. 4,50 bis 5,00. 14) qm rauher Fussboden $2{,}5^{cm}$ stark 2,60. 15) qm desgl. gespundet 2,80. 16) qm desgl. auch gehobelt 3,50 bis 4,00. 17) 1^{m} breite massive Treppenstufe mit 5^{cm} st. Tritt- und $2{,}5^{cm}$ starke Setzstufe zu bekleiden einschl. Wand-, Spiegel- und Kopfleisten 7,50. 18) 1 desgl. ohne Setzstufen 5,50. 19) 1 Steigung einf. eingelochte gerade Treppe fertig mit einf. gedrechselten Geländertraillen, gekehlt. Handgriff (1^{m} breit) 13,0 für je $0{,}1^{m}$ Mehrbreite 0,50. 20) 1 desgl. aufgesattelte Treppe 15,0 für je $0{,}1^{m}$ Mehrbreite 1,00

21) 1^{m} Schwelle auf Rostpfähle aufbringen einschl. Zapfenanschneiden erfordert rd. 1/12 Tagewerk. 22) 1 cbm Rundholz in mittl. Brückenrüstungen zu richten und abzubinden = 0,6 Tagewerk.

6. Staakerarbeit.

1) qm Balkendecke mit Schalstaakung, Lehm- und Strohüberzug u. Schuttfüllung 0,90. 2) qm desgl. mit Lehmfüllung 1,10. 3) qm Klobenholzschalung mehr 0,30. 4) qm Kreuzstaakung mehr 0,40. 5) qm Windelstaakung fertig mit Schuttfüllung 1,50 bis 1,80. 6) qm desgl. mit Lehmfüllung 1,60—2,00.

7. Dachdeckerarbeiten*) ausschl. Schalung jedoch einschl. Lattung.

1) qm Pappdach herzustellen 1,10. 2) qm Ziegeldach (einf. Spliessdach 3,0—.3,5. 3) qm Doppeldach 4,25. 4) qm unglas. Hohlziegeldach 2,5. 5) qm Schieferdachschuppen auf Schalung 3,0. 6) qm Holzcementdach 2,80. 7) qm Zinkdach 4,50.

8. Steinsetzerarbeiten einschl. Lieferung der Steine.

Neupflasterung einschl. Material. 1) qm Feldsteinpflaster 2,30. 2) qm Pflaster aus geschl. Dammsteinen 5,30. 3) qm Polygonalpflaster 6,30 bis 6,80. 4) qm Pflaster aus rechteckig behauenen Quadratsteinen (Granit) 8,00—9,0. 5) qm Granitplatten fertig verlegt 13,00—14,00.

Umpflasterung einschl. Aufbruch. 1) qm Feldsteinpflaster 0,70—0,90 2) qm Polygonalpflaster 0,90. 3) qm rechteckig Kopfsteinpflaster 1,00—1,25.

Rinnen. 1) m Rinne in Klinkern Arbeitslohn 0,30. 2) m Feldsteinbordschicht mit Rinne desgl. 0,50.

9. Schmiede- und Schlosserarbeiten.

1) kg Balken- etc. Anker 0,30. 2) kg Schraubenbolzen 0,50—0,60. 3) 4 Stück Winkelbänder 0,25—0,30. 4) 1 Haken dazu angeschlagen 0,20. 5) 2 Thürbänder je nach Grösse und Arbeit 1,75—3,30. 6) 1 Einsteck-Stubenschloss angeschlagen 6,50. 7) 1 Kastenschloss desgl. 6,0. 8) 1 fertiger einfenstriger Fensterbeschlag, einf. gewöhnl. Ausführung, halbe Vorreiber, 2,50—3,50. 9) 1 desgl. besserer mit Messingolive und 2 Einreibern 4,00 10) 1 desgl. Ruderbeschlag einfach 6,30, Messingknopf 7,50. 11) 1 4-flügl. Doppelfester, Baskülverschluss, Messingoliven 18,0. 12) 1 Kellerthürbeschlag, lange Bänder Ueberwurf 3,5. 13) 1 Thür mit Stützhaken, Bänder, Riegelschloss 8,50. 14) 1 Stubenthürbeschlag, mittl. Ausführung, einfach. Aufsatzbänder, Drücker und Schloss: 9—10 Mk. 15) 1 desgl. mit Messingdrücker und Schilder 10,50. 16) 1 zweifl. Thür, mittl. Ausführung, Messinggarnitur 17,0. 17) 1 Hausthürbeschlag (zweifl.) mittl. Ausführung 35—45 Mk. 18) 1 Thorwegbeschlag desgl. 70—100 Mk.

---

*) Material für Asphalt-, Papp- und Holzcementdächer liefert A. W. Andernach in Beuel a. Rhein, welcher Firma unter No. 92308 ein Deutsches Reichs-Patent zur Herstellung besonders wetterfester [illegible]serdichter, feuersicherer Asphalt-Dachpappen ertheilt wurde.

Digitized by Google

10. Eisenguss und Walzeisen (vergl. auch Anzeigen).

Preise in 100 kg. 1) Gusseiserne Pfeiler etc. 21,00, 2) gedrehte Säulen 24,0, 3) gewalzte I- und [-Träger bis 6^{m} Länge 16—18 Mk.

11. Klempnerarbeiten

(Zink No. 12, bei No. 14 erhöht sich der Preis um 8—10%).

1) m Hauptgesimsabdeckung auf Holzgesims 4,80. 2) m desgl. auf massiv. Gesims 5,30. 3) m Schornsteinabdeckung 0,70. 4) m gewöhnl. Kastenrinnen, 15^{cm} weit, fertig 3,50. 5) m frei liegende Rinne, gewöhnl. Abmessung, fertig 3,30. 6) m Abfallrohr (30^{cm} Zuschnitt) fertig 2,10.

12. Tischlerarbeiten.

1) qm einfl. Jalousiethür 11,0. 2) qm zweifl. 12,50. 3) qm verleimte und behobelt, 3,5^{cm} st. Thür eingeschob. Querleisten mit Rahmen 6,60. 4) qm Sechsfüllungsthür 8,50—10,0. 5) m behobelt. verzinktes Futter bis 13^{cm} breit 0,90, für 1^{cm} Mehrbreite 0,05. 6) qm gestemmt. Futter mit Karnis 7,0. 7) m Bekleidung bis 10^{cm} breit, auf Gehrung, gekehlt, 2,5^{cm} stark 0,75. 8) qm einfach. einfl. Fenster 3,5^{cm} stark 6,50—8,00. 9) qm 2—6-flügl. mit Mittelpfosten 9,50—10,5. 10) qm 2,5^{cm} stark Latteibrett 5,0. 11) qm einf. behob. u. verleimt. Fensterladen 6,0—7,0.

13. Glaserarbeiten.

1) qm Rohglas 6—8^{mm} stark 6—8 Mk., 7—12^{mm} 14—17 Mk. u. s. w. 2) qm gewöhnl. weisses Tafelglas bis 1,50^{m} addirt. Länge u. Breite 3,00. 3) qm desgl. bis 210^{cm} 4,0—4,5. 4) qm desgl. bis 260^{cm} 5,0—6,0. 5) qm halbweisses Glas 2,50.

14. Maler- und Anstreicherarbeiten.

1) qm Fussbodenanstrich (Bretterwände etc.) 3 mal Oelfarbenstrich, Fugenverkitt 0,70. 2) qm Lackiren mehr 0,15—0,20. 3) qm zu grundiren und 2 mal weiss. Oelfarbenstrich 0,80—1,00, jeder weitere Anstrich mehr 0,15—0,30. 4) qm Fensteranstrich beiderseitig einschl. Lackiren 1,50. 5) qm Façadenanstrich (Oelen, 3 mal Streichen) 1,0—1,40. 6) qm desgl. 2 mal in Kalkfarbe 0,25—0,30.

15. Tapezierarbeiten.

1) Stück Tapete an Wand zu kleben einschl. Leimen u. Bandstreifen 0,50—0,70. 2) desgl. auf Makulatur 1,0. 3) 1^{m} Borde oder Fries anzukleben 0,05—0,10.

16. Ofenarbeiten.

1) 1 Stück fein weiss. Ofen 3½ zu 2½ Kachel bis 9 Schichten hoch, fertig mit Untergesims und allen Baustoffen 120—160 Mk. 2) Jede Kachel Mehrbreite 8,0—10,0. 3) Jede Schicht Mehrhöhe 8,0. 4) 1 Stück halbweiss. Ofen 25—30% billiger. 5) 1 Stück bunt. Ofen gewöhnl. Abmessungen einf. Ausführung 90—100 Mk. 6) Kochherde, einfachster Ausführung in Kacheln, je nach Grösse 50—80 Mk.

V. Einige Angaben aus dem Tiefbau.

Wasserdruck in bestimmter Richtung ist gleich dem Gewichte einer Wassersäule, deren Höhe gleich dem Abstande des Schwerpunktes der gedrückten Fläche vom Wasserspiegel, deren Fläche gleich der Projection der gedrückten Fläche auf gesuchte Druckrichtung anzunehmen ist.

Auftrieb ist gleich dem Gewichte der von dem eintauchenden Körper verdrängten Wassermasse; wirkt vertikal nach oben, Druckangriffspunkt im Schwerpunkt der gedrückten Flüssigkeit.

Ausfluss des Wassers bei constanter Druckhöhe; dünne Wandungen. W = Ausflussgeschwindigkeit, Q = sec. Ausflussmenge, H bez. h Abstände vom Wasserspiegel.

Grundformel theoretisch: $W = \sqrt{2gh}$.

1. horizontale Wand:

$$W = 4{,}274 \sqrt{h}.$$

In den folgenden Formeln sind Mittelwerthe der Coëfficienten und die Ausflussöffnung höchstens gleich 1/10 der Fläche des constanten Wasserspiegels angenommen.

Digitized by Google

2. vertikale Wand:

rechteckiger Querschnitt: H oberer, h unterer Abstand vom Wasserspiegel.

b = Breite.

$$Q = 1{,}94\ b \left\{ H^{\frac{3}{2}} - h^{\frac{3}{2}} \right\}.$$

Kreisförmiger Querschnitt. Radius r; h = Abstand vom Wasserspiegel auf Mittelpunkt bezogen.

$$Q = 9{,}05\, r^2 \left\{ 1 - \frac{x^2}{32\, h^2} - \frac{5\, r^4}{1024\, h^4} \right\}.$$

Ausfluss des Wassers bei Mündungen unter Wasser s. Theil I, Seite 6 der Beilage.

Stauweite, angenähert bei mässigem Gefälle = $\frac{\text{2fache Stauhöhe}}{\text{relative Gefälle des ungest. Wassers.}}$

Stauhöhe.

Die Stauhöhe, welche durch Brückenpfeiler, Buhnen u. dergl. erzeugt wird, ergibt sich angenähert aus der Formel

$$Q = \mu b \sqrt{2g} \left\{ (^2/_3\, x + t) \sqrt{x + \frac{c^2}{2g}} \right\},$$

worin x die Stauhöhe, b die lichte Weite zwischen den Brückenpfeilern, den Buhnenköpfen etc., B die natürliche Flussbreite und t die ungestaute Wassertiefe bezeichnet und $\mu = 0{,}95$, wenn die Pfeiler in Halbkreisen oder spitzen Winkeln endigen, $\mu = 0{,}7$, wenn die Bogenanfänger in's Wasser tauchen, $= 0{,}90$, wenn der Horizontalschnitt des Vordertheils einen stumpfen Winkel bildet, und $\mu = 0{,}85$ bei Buhneneinbauten und bei Pfeilern mit geraden Vordertheilen anzunehmen, ferner

$$c = \frac{Q}{B\ (x + t)} \text{ zu setzen ist.}$$

Bewegung des Wassers.

In freien Gerinnen:

v = Geschwindigkeit, α = relativer Gefälle,

$$r = \frac{F}{h} = \frac{\text{Querschnitt}}{\text{benetzter Umfang}}$$

nach Bazin, wenn $r < 0{,}6$ m.

$$v = \frac{Q}{F} = \sqrt{\frac{r \,.\, \alpha}{a + \frac{b}{r}}},$$

wobei a und b empirische Coëfficienten sind, deren Werth im Mittel bei

1) Kanälen in sorgfältig gehobeltem Holz oder in Cement:
   $a = 0{,}00015$, $b = 0{,}0000045$;
2) Kanälen in Backsteinen, Quadern oder ungehobeltem Holz
   $a = 0{,}00019$, $b = 0{,}0000133$;
3) Kanälen in Mauerwerk von Bruchsteinen:
   $a = 0{,}00024$, $b = 0{,}00006$;
4) Kanälen in Erde:
   $a = 0{,}00028$, $b = 0{,}00035$.

Grösste Sohlengeschwindigkeit		
für feinen Sand	0,25—0,5 m	vergl. Theil I. S. 31 d. Beil.
« groben Sand	—0,7 m	
Lehmboden, leicht löslich . .	—0,25 m	
festen Lehm	—0,8 m	
Kies	0,8—1 2 m	

Angenähert ist die mittlere Geschwindigkeit eines Profiles für Flüsse gleich 0,8 der Oberflächengeschwindigkeit im Stromstrich.

Digitized by Google

In Rohrleitungen H = Druckhöhe, d = Röhrendurchmesser, = Leitungslänge.

Für lange Leitungen $d = \sqrt[5]{\frac{c \cdot l Q^2}{H}}$.

Für folgende Werthe von d in cm wird der Werth c:

d	c	d	c	d	c	d	c	d	c	d	c
0,025	0,0033	0,100	0,0021	0,300	0,0018	0,500	0,0016	0,700	0,0014	0,900	0,001
0,050	0,0025	0,200	0,0019	0,400	0,0017	0,600	0,0015	0,800	0,0014	1,00	0,001

Druckverluste vergl. Theil I, S. 16 ff. der Beilage.

Regen- und Abflussmengen für mitteleuropäische Gebiete.

In der nachstehend von Herrn Carl Pascher, Inspector der k. k. Staatsbahnen zu Wien berechneten Tabelle (vergl. Zeitschr. des Oesterr. Ing.- u. Arch.-Vereins 1892, No. 21) soll Regenintensität, die während einer Stunde entstandenen Regenhöhe bedeuten. Die grösste Wassermenge führt der Fluss, wenn die Regendauer so gross ist, dass in dem Flussthale das Wasser von dem entferntesten Punkte bis zur bez. Messstelle gelangt ist. Dann Scheitelstand für Messstelle. Mit a sind die Werthe nach Lauterburg's Untersuchungen, mit b diejenigen nach Pascher für mittlere Verhältnisse bezeichnet.

Niederschlagsfläche.	Grösste Regen-Intensität für den Scheitelstand.		Grösste Regenmenge für Sec. u. qkm.		Grösste Abflussmenge bei höchstem Wasserstande für Sec. u. qkm.	
qkm	mm	mm	cbm	cbm	cbm	cbm
m	a	b	a	b	a	b
1	126	90	35	25	24,5	17,5
2	122	85	33	23,6	27,7	16,5
5	112	72	31,1	20,0	21,8	14,0
10	98	60	27,3	16,6	19,1	11,6
20	79	45	21,9	12,5	15,3	8,7
30	66	34,5	18,4	9,6	12,9	6,7
50	50	24,0	13,8	6,7	8,3	4,0
100	37	17,0	8,5	4,7	5,1	2,8
200	17	12,8	4,8	3,6	2,9	2,1
300	12	10,0	3,4	2,8	2,0	1,7
500	8,5	7,5	2,4	2,1	1,4	1,2
1000	7,2	5,7	2,0	1,6	1,2	0,95
2000	5,3	4,3	1,5	1,2	0,87	0,72
3000	4,5	3,6	1,25	1,0	0,75	0,60
4000	3,8	3,0	1,05	0,83	0,63	0,50
5000	3,2	2,6	0,90	0,72	0,54	0,43
10000	1,9	1,5	0,53	0,42	0,32	0,25
20000	1,04	1,15	0,29	0,32	0,17	0,19
30000	0,90	1,05	0,20	0,29	0,12	0,18
40000	0,59	0,95	0,16	0,26	0,16	0,16
50000	0,49	0,85	0,13	0,24	0,13	0,14
100000	0,45	0,60	0,07	0,17	0,07	0,10

Kanäle für Schifffahrt nicht über 0,0002 Gefälle der Sohle. Kleinste Radien 200m, dann Verbreiterung. Schleusengefälle 2—3m.

Vergl. »Die grössten Wassermengen.« Von E. Cramer, Regierungs- und Baurath in Breslau, in Rheinhard's Kalender für Strassen-, Wasserbau- und Culturingenieure, Beilage I.

Abmessungen der Schiffe.

	Länge m	Breite m	Tiefgang m	Tragfähigkeit t
Finowkanalkahn	40,20	4,60	1,25	150
Gew. Elbkahn	52,5	7,0	1,75	400
Grosser Elbkahn	62,5	7,5—8	1,75	500
Elbe-Odermodellkahn . . .	55	8	1,75	400
Grösster Rheinschleppkahn .	74	9,8	2,2	ca. 1000

* 1 cbm/□Kilom = 91.461 cft/□mile. } See end of book.
1 □Kilom. = 0.386 □mile

Flussregulirungen. Die Krone der Regulirungswerke nur wenig über M. W. anzuordnen.

Steinbauten mindestens 2-fache Böschung an Stromseite, häufig Kieskern.

Buhnen für feinere Geschiebe, mässige Tiefe, inclinant anzulegen. Abstand annähernd gleich der Regulirungsbreite in Mittel-Wasser-Streichlinie. Kopfböschung 1/5 bis 1/3; Seiten mit 1-facher Anlage im Packwerk. Steinbeschüttung. Krone $1^1/_2$—$2^1/_2$m breit, befestigt.

Parallelwerk für gröbere Geschiebe und grössere Tiefen. In Streichlinie Böschung 1 : 3 bis 1 : $1^1/_2$. Hinterseite 1 : 1 bis 1 : $1^1/_2$. Kronenbreite 1,0—2,5m je nach Höhe. Landanschlüsse alle 50—100m gegen Hinterspülung.

Grundschwellen von dem Buhnenkopf rechtwinklig oder nach oben gekrümmt zum Stromstrich, in Steinschüttung oder Faschinenlage (Senkfaschinen auch wohl Sinkstücke). Krone 1—2m. Gefälle zur Strommitte.

Faschinenbauten. Normalfaschine 0,30m i. M. stark, 2,5m lang. Material darf nicht brüchig und sperrig sein. Glatte Holzsorten: Hasel, Weide, Tanne, weniger gut Buche und Pappel. Packwerkslagen 0,6—1,0m stark, mit Würsten oder Flechtzäunen alle Meter verbunden. Pfähle 0,60m Abstand 1,2—1,5m lang, 6cm stark.

Spreutlage rd. 0,10m stark, in Abständen von 0,60 bis 1,20 schachbrettartig mit Würsten oder Flechtzäunen befestigt, grüne Pfähle 1m lang.

Senkfaschinen 3,5—6,0m lang, 0,6—1,2m stark mit Steine oder Kieskern.

Senkstücke 1—2m stark, 10—20m breit oder lang, oben und unten schachbrettartige Würste, oben Flechtzäune für das Senkmaterial (Steine).

Gehänge = in N.-W.-Höhe, schwimmende Faschinenlagen 2—10m lang, 2—4m (1 Faschinenlänge) lang. Unaufgelöste Faschinen mit Draht an Stangen verbunden, an eingerammten Pfählen gehalten.

Senkwellen = Senkfaschinen ohne Ende, am Ufer auf Gerüst hergestellt und ins Wasser gerollt.

Materialbedarf bei Faschinenbauten.

1 cbm Faschinen aufgesetzt = 8—10 Normalfaschinen. 10m Wurst (Wippe) erfordern 0,5 cbm Faschinen, 50 Bindeweiden.

1 cbm Packwerk 1,15—1,25 cbm Faschinen einschl. Würste bez. Flechtzäune, 5 Stück Pfähle (event. 0,2 Hundert kleine Bindeweiden), 0,38 cbm Beschwerungserde, 2,8m Würste.

1 cbm Sinkstück: 1,25 cbm Faschinen, 3 Pfähle, 5m Luntleine, 7m Würste, 0,2 cbm Steine.

1 qm Sinklage: 0,4 cbm Faschinen, 25 Bindeweiden. 1.5 Stück Pfähle, 0,15 cbm Erde, 0,1 cbm Steine.

1 cbm Senkfaschine: 1,1 cbm Faschinen, 0,3 cbm Schotter, 0,4 kg Draht.

1 qm Spreutlage oder Rauhwehr: 0,12 cbm Faschinen, 5 grüne Pfähle, 0,18 cbm Boden, 4m Würste. Material f. d. Würste siehe oben. Bei Flechtzaun sind 0,08 cbm Faschinen mehr zu rechnen.

1 cbm Packwerk im Trocknen (Uferdeckung): 1,1 cbm Faschinen, 3,2m Würste (Material s oben), 2,6 Stück Pfähle, 5,2 Stk. Nägel, 0,4 cbm Erde.

10m Senkwellen durchschnittlich 0,45m stark: 4,2 cbm Faschinen, 1,2 cbm Kies, 2,2 kg Draht.

Draht rd. 6 mm stark: 6,2 cbm Faschinen, 2,0 cbm Kies, 4,5 kg Draht.

Angenäherte Durchschnittskosten einschl. Material.

1m Wurst = 12 Pfg., 1 cbm Packwerk = 3,10 Mk., 1 cbm Sinkstück 5,50—7,0 Mk., 1 qm Sinklage 2,0 Mk., 1 cbm Senkfaschine (ohne Rüstung 4,5—6,0 Mk., 1 qm Spreutlage 1,0—1,5 Mk. 1 cbm Packwerk im Trocknen 3,0 Mk., 1m Senkwelle 0,45m st., 1,2—1,5 Mk., dsgl. 0,6m stark 1,70—1,80 Mk.

Drainage. Wasserführung mit 0,65 l pro Sec. und ha zu berechnen. Gefälle der Hauptgräben rd. 0,0003; der Drainröhren 0,0016 bis 0,0009.

Digitized by Google

Entfernung der Sauger in strengem Thonboden 10m, in mildem Sandboden 25m. Sauger nicht unter 4cm weit. Tiefenlage 1,25 bis 1,75m. Kosten der Arbeiten (Mittelwerthe): Grabenaushub für Röhren 20 Pfg. pro m, Verlegen 1,5 Pf. pro m, Verfüllen 3 Pfg. pro m. Auf 1000 Stück Röhren entfallen Kosten:

Licht-Durchmesser der Röhren .	5cm	6,5cm	8cm	10cm	13cm	16cm
Kosten des Materials	28 M.	36 M.	47 M.	64 M.	95 M.	140 M.

Rohrlänge 0,314m, pro m Rohrstrang 3,5 Stück Rohre erforderlich. Gesammtkosten d. Drainage 160—500 Mk. f. d. ha.

Gründungen.

Bodenpressung pro qcm zulässig: Fels 7—10 kg, Kies und Sand 4—5 kg, trockener Lehm und Thon 2—3 kg, Mutterboden 1—1,2 kg, bei künstlicher Befestigung: Sandschüttung und Schwellrost 2—3 kg. Pfahlrost durchsch. 3 kg, nur in tiefem Moorboden bis 1,0 kg herunter.

Fangedämme bis 1,25m mit Stülpwand, bis 2,5m mit einfacher Spundwand, bis 3,5m Kastenfangdamm mit Stülpwand; darüber Kastendamm zwischen 2 Spundwänden.

Spundwände für Gründungen nicht unter 13cm stark bis 3m Länge, darüber für jeden m Länge um 2cm stärker. Meiststärke 30cm. Gutes Mittelmaass 20cm bei Keil- oder quadratisch. Spundung.

Sandschüttung 0,75—2,5m hoch in Lagen von 0,15—0,30m gestampft oder besser geschlämmt.

Schwellrost. Holztheile mindestens 0,3m unter N. W. Bohlenroste bis 1,5 kg Pressung 7—10cm stark.

Kantholzroste: Holzstärken 20/20—30/30cm, Mittelentfernung der quadratischen Felder 1,2m.

Pfahlrost. Pfahlstärke bis 5m Länge mind. 25cm Durchmesser, dann für jeden m Länge 1,5cm mehr. Entfernung d. Pfähle: Auf 0,8 qm ein Pfahl; bei tiefem Moor auf 0,6 qm. Tragfähigkeit im Mittel: 25cm stark = 4000 kg, 35cm stark = 7500 kg.

Brunnengründung. Wenn tragfähige Schicht in 6—8m zu erreichen ist. Grundrissform: Hochbauten kreisförmig 1m l. Durchmesser. Wasser- und Brückenbauten rund 3—6m oder quadratisch. Mauerstärke Hochbau 0,25—0,37cm, Tiefbau 0,6—1,0m. Brunnenkranz Eisen oder Holz. Ausbetoniren bis etwa 1/3 der Wasserhöhe. Mauerwerk nicht auf Brunnenmauer, sondern auf die Füllung setzen!

Luftdruck von 10m ab. Vergl. Theil III, S. 22 der Beilage.

Betoniren. 1 Theil Cement, 2—3 Th. Sand, 3—5 Th. Steinschlag von 4cm Seitenfläche. Nur in unbewegtem Wasser. Steine rein waschen und nass mit wenig feuchtem Mörtel mischen; nicht in kleinen Mengen einbringen. Stärke etwa 1/3 des Wasserdrucks. Gewicht: Ziegelsteinbeton 1,5—1,8 T., Bruchsteinbeton 2,0—2,5 T. pro cbm.

Kosten der Gründungsarbeiten für angenäherte Mittelwerthe in Mk.

Gegenstand.	Material.	Arbeitslohn.	Zusammen.
cbm Sandschüttung einschl. Transp.	—	0,35—0,40	—
qm Schwellrost	—	3,20—4,00	—
cbm Senkbrunnengründung	—	—	75—90
cbm Betongründung mit Spundwand	—	—	100—120
cbm Betongründung auf Pfahlrost .	—	—	110—130
cbm Luftdruckgründung	—	—	100—120
Desgl. b. wiederholt. Geräthebenutzung	—	—	70—90
cbm Fundamentmauerwerk in Cement	—	—	30—35
cbm Mauerwerk i. Cement ohne Wasserhaltung	—	—	17—25

Futtermauern. Bei hinterer gerader Begrenzung und vorderer Neigung 1:6 wird die obere Breite b (bis 1,m Ueberschüttung) für frische Hinterfüllungen: $b = 0{,}438 + 0{,}2\ h$, für gewachsenen Boden $b = 0{,}292 + 0{,}17\ h$, wobei h = sichtbare Mauerhöhe. (Bei grösseren Ueberschüttungshöhen siehe Tabelle in der Beilage.)

Bohlwerke bis 6,5^{m} hoch, Rundpfähle 30—45^{cm}, oder Kantpfähle 30/30 bis 36/36. Verankerung Rundeisen mindestens 2,5^{cm} stark. Kosten für qm Ansichtsfläche fertig rd. 32 Mk. Zurichten der Schnitthölzer für m 1,0—1,50 Mk. Anbringen der Bohlen einschl. Nägel für qm 0,80 Mk.

Rammkosten 6—7^{m} tief, bei Pfählen bis 0,45^{m} mittl. Durchschnitt bei grösseren Arbeiten, fertig einschl. Amortisation etc. für 1^{m} mit Zugramme 4,50 Mk., Kunstramme 3,00 Mk., Dampframme 1,60 Mk. Beim Einspritzen sind etwa 0,80—1,00 Mk. zu rechnen. Spundwand für 1 qm 10—16 Mk., je nach Rammgrund und Art der Baustelle.

Böschungs- (Ufer-) Pflaster einschl. Einplaniren aus gew. Steinen für 1 qm fertig 2 bis 2,50 Mk., je nach Kies- und Steintransport. Desgl. in Cementbettung und Verstrich annähernd 6,50 Mk.

Baggerungen kosten im gew. Flussbett (Kies bis mittl. Gerölle) etwa 80–100 Pfg. für cbm einschl. aller Nebenkosten. Leistung des kleinsten Flussdampfbaggers in 10 Std. mindestens 150 cbm bei 2,5—3^{m} Wassertiefe und 200 kg Steinkohlenverbrauch. Stärke 8—10 Pferdekraft. Preis 22—26000 Mk.) Kosten der Prähme in Eisen für 1 cbm Tragfähigkeit 350—450 Mk.

Bodentransport. (2 Mk. Tagegeld.) Auf horizontaler Bahn ergiebt sich, nach den Goring'schen Formeln berechnet, der Transportpreis für 1 cbm Boden wie folgt. (Tagelohn 2 Mk.)

Transportweite m	10	20	50	80	100	120	150	200	300	400	500	1000		
a. Handkarren	8	11	16	24	28	32	39	50	—	—	—	—	bei	120 m
b. Handkippkarren	—	—	—	—	—	—	28	32	42	51	60	—	bei	400 m
c. Pferdekippkarren	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	46	66	bei	1500 m
d. Handrollwagen								27	35	42	—	—		—

Grenze

Von 1000 m an lohnt sich bereits die Anwendung des Dampfbetriebes bei Massentransporten. Bei Steigungen kann man annähernd 1 m Steigung für 20—30 m Länge rechnen.

Lösen und Laden des Bodens mit Schaufeln (Sand und Lockererde) 18 Pfg, mit Haue (leichter Lehm, Kies, Torfmoor) 35—45 Pfg., mit Pickel (schwerer Lehm, Mergel, fester Kies) 45—60 Pf., mit Kreuzpickel (Gerölle, loses Gestein) 63—75 Pfg., mit Brecheisen (blätteriges Gestein) 90—130 Pf, mit Sprengmittel (fester Fels, Sandstein etc.) 175—225 Pfg., desgl. hartes Gestein (Granit, Porphyr u. s. w.) 250—300 Pf, Torfstich und Aussetzen pro cbm etwa 30 Pfg.

VI. Einige Angaben aus dem Strassenbau.

Meist-Gefälle der Chausseen (Preussen): Gebirge 0,05. Hügelland 0,04. Flachland 0,025. Kronenhöhe mindestens Hochwasser frei, in Preussen 0,60 m über Gelände. Curven unter 75 m Halbm. bedingen Verbreiterung.

Tabelle

für die gebräuchlichsten Abmessungen bei Kunststrassen.

Breite in Metern.	Mit Sommerweg.					Ohne Sommerweg.					
Steinbahn	5,0	4,5	4,5	4,5	4,0	5,6	5,0	5,0	4,5	4,5	4,5
Sommerweg	3,0	3,0	2,5	2,5	2,5	—	—	—	—	—	—
Materialienbankett	2,0	1,5	1,5	1,5	1,5	2,0	1,8	1,5	1,8	1,5	1,5
Fussgängerbankett	1,5	1,0	1,0	0,5	1,0	1,4	1,2	1,0	1,2	1,5	1,0
Gesammtbreite	11,5	10,0	9,5	9,0	9,0	9,0	8,0	7,5	7,5	7,5	7,0

Dimensionen der Gräben in Metern.					
Obere Breite	4,0	3,6	2,4	2,1	2,0
Sohlenbreite	1,0	0,6	0,6	0,6	0,5
Böschungsbreite	1,5	1,5	0,9	0,75	0,75
Tiefe	1,0	1,0	0,6	0,5	0,5

Baumpflanzung.

0,3^{m} Abstand der Räume von der Planumskante.
1,0—0,6^{m} Durchmesser u. Tiefe der Baumlöcher.
2,5^{m} Stammhöhe.
0,05^{cm} Baumstärke.

In Baden für Landstrassen I. Ordnung Gesammtbr. 7,2, Fahrbahn 4,8. Württemberg Gesammtbr. 8,0—6,0.

Digitized by Google

Bedarf an Steinmaterial.

Bei 17cm hohem Steinpflaster pro □m
—⁚· 0,16—0,18 cbm
Bei 21cm hohem Steinpflaster pro □m
—⁚· 0,21—0,23 cbm
} je nach der Beschaffenheit des Materials.

Zu einer neuen Steinbahn sind erforderlich zu den beiderseitigen 0,05—0,1m breiten und 20—25cm hohen Bindsteinen pro Hektometer —⁚· 3,4 cbm, abgerundet für die Veranschlagung 3,5 cbm.

Bezeichnet a die Breite in Metern, b die Stärke in Centimetern und c den Cubikgehalt in Cubikmetern, so berechnet sich der Steinbedarf (für die Veranschlagung abgerundet):

Breite in Mtr.	Packlage			Mittellage			Decklage			Durchschnittliche Stärke in cm
	a	b	c	a	b	c	a	b	c	
5,6	5,45	12	65,5	5,45	7	38,0	5,6	9	50,5	28
5,6	5,45	12	65,5	5,45	5	27,5	5,6	9	50,5	26
5,6	5,45	12	65,5	—	—	—	5,6	12	67,0	24
5,6	5,45	12	65,5	—	—	—	5,6	10	56,0	22
5,6	5,45	12	65,5	—	—	—	5,6	9	50,5	21
5,0	4,85	12	58,0	4,85	7	34,0	5,0	9	45,0	28
5,0	4,85	12	58,0	4,85	5	24,5	5,0	9	45,0	26
5,0	4,85	12	58,0	—	—	—	5,0	12	60,0	24
5,0	4,85	12	58,0	—	—	—	5,0	10	50,0	22
5,0	4,85	12	58,0	—	—	—	5,0	9	45,0	21
4,5	4,35	12	52,0	4,35	7	30,5	4,5	9	40,5	28
4,5	4,35	12	52,0	4,35	5	22,0	4,5	9	40,5	26
4,5	4,35	12	52,0	—	—	—	4,5	12	54,0	24
4,5	4,35	12	52,0	—	—	—	4,5	10	45,0	22
4,5	4,35	12	52,0	—	—	—	4,5	9	40,5	21
4,0	3,85	12	46,0	3,85	7	27,0	4,0	9	36,0	28
4,0	3,85	12	46,0	3,85	5	19,5	4,0	9	36,0	26
4,0	3,85	12	46,0	—	—	—	4,0	12	48,0	24
4,0	3,85	12	46,0	—	—	—	4,0	10	40,0	22
4,0	3,85	12	46,0	—	—	—	4,0	9	36,0	21

Dazu für die Bindsteine 3,5 cbm pro 100 m Strassenlänge.

Die durchschnittliche Stärke der Pack- und Zwicklage resp. der Decklage ist in der Mitte um 13mm zu vermehren und an den Seiten um eben so viel zu vermindern.

Bei Steinbahnen aus einem Unterbau von Grobgeschläg mit Steinschlagdecke gelten für das Grobgeschläg diejenigen Maasse und Steinquantitäten wie in der Tabelle für die Pack- und Zwicklage.

Bei der Unterhaltung der Strassen erscheint es zweckmässig, die Steine in Haufen von 0,5 oder 1,0 cbm, bei Neubauten in Haufen von einem oder mehreren ganzen Cubikmetern aufzusetzen.

Steingrösse: Packlage = Stärke derselben. Decklage 3—5 cm je nach Materialfestigkeit. Für Klinkerbahnen: Unterbettung: Kies 20—45 cm, darüber Sandschicht 13 cm Pack zum Einpflastern, für Sandbettung Stärke 13 cm, dazu 4 cm Pflastersand zum Einfegen. Sommerweg möglichst aus Kies in Einzellagen von 8 cm Stärke.

XX. Die Monierbauten.

Die Monier'sche Bauweise hat seit mehreren Jahren wegen ihrer vielen Vorzüge die grösste Bedeutung sowohl für den Tiefbau wie für den Hochbau erlangt. Dieselbe besteht aus einer zweckmässigen innigen Verbindung eines Eisengerippes mit Cementbeton und führt ihren Namen nach ihrem Erfinder, dem Gärtner J. Monier in Paris. Zu ihrer jetzigen Höhe wurde sie jedoch von den deutschen Ingenieuren G. A. Wayss und Regierungs-Baumeister Koenen entwickelt, welch letzterer auch die wissenschaftliche Begründung zu den empirisch erreichten überraschenden Resultaten erbrachte und mit deren Hülfe das Anwendungsgebiet der Bauweise bedeutend erweiterte. Durch einwandfreie amtliche Versuche wurde der Beweis geführt, dass Cement und Eisen in der Monier-Construction eine so innige Verbindung eingehen, dass beide als ein Körper anzusehen sind, in welchem die statisch günstigen Eigenschaften des Cementbetons und des Schmiedeeisens in rationeller Weise ausgenutzt werden.

Das zur Verwendung kommende Eisengerippe besteht gewöhnlich aus Rundeisen von 5—25 mm Durchmesser.

Bei Biegung wird der Beton auf Druck, das Eisen auf Zug in Anspruch genommen. Für die Berechnung einer durch Last-, Wasser-, Erd- oder Winddruck auf Biegungsfestigkeit beanspruchten Platte kann demnach der Beton mit seiner Druckfestigkeit in Ansatz gebracht werden, während auf der Zugseite des Plattenquerschnitts die gezogene Faser durch die entsprechend starken Eisenstäbe gebildet wird.

Bei Gewölben erleidet der Beton Druckspannung, während das Eisen auf Druck- und Zugspannung, letzteres bei einseitiger Belastung und bei sehr schweren Einzellasten, in Anspruch genommen wird.

Bei Gleichgewichtsformen, einfach oder doppelt gekrümmten Platten (cylindrische Behälter, Röhren, Kuppeln u. s. w.) werden Beton und Eisen bei äusserem Druck von der convexen Seite auf Druck von der concaven Seite auf Zug beansprucht.

Das Anwendungsgebiet der Monier-Constructionen im Wasser- bezw. Tiefbau erstreckt sich bis jetzt auf folgende Ausführungen.

Röhren von 0,20—2,00 m Durchmesser für jede Belastung. Reservoire und Bassins jeder Art, freistehend und in der Erde versenkt, bis zu 5000 cbm Inhalt.

Uferbekleidungen (Bollwerke) aus Monierplatten zwischen I-Stützen an Stelle von theuren Futtermauern oder vergänglichen Holzbollwerken. Leichte Fahrbahn-Constructionen eiserner Brücken mittelst ebener Monierplatten bis 2 m freitragend oder mittelst leichter Monierkappen zwischen den Brückenträgern bis 6 m Spannweite. Leichte Fussweg-Constructionen für eiserne Brücken aus ebenen Monierplatten bis 2 m Spannweite.

Brückengewölbe für schwerstes Lastfuhrwerk und für Eisenbahnen ausgeführt bis zu 40 m Spannweite, ausgezeichnet durch ungemeine Leichtigkeit und Flachbogigkeit (Pfeilhöhe $^1/_{12}$—$^1/_4$ der Spannweite).

Durchlässe und Unterführungen in halbelliptischer und anderer Form. Schleusenthore und Sperrvorrichtungen für Wehre, Gerinne etc.

Silos, dünnwandig und feuerfest.

Preise einiger Monier-Constructionen (D. R.-P.).

Actiengesellschaft für Beton- und Monierbau.

BERLIN NW., Alt-Moabit 97.

1. Brückengewölbe für schwerstes Lastfuhrwerk und für Eisenbahnen

5 m	Spannweite	pro	qm	Mk.	9,50—11,50
10 «	«	«	«	«	14,00—16,50
15 «	«	«	«	«	20,50—24,00
20 «	«	«	«	«	25,50—30,50
30 «	«	«	«	«	33,00—40,00
40 «	«	«	«	«	41,50—50,50

Digitized by Google

2. Gewölbe und ebene Böden bezw. Platten als leichte Fahrbahn-Constructionen von eisernen Brücken:

1,50—2,00 m Spannweite pro qm Mk. 6,50— 8,50,
2,00—4,00 « « « « « 7,50— 9,50,
4,00—6,00 « « « « « 9,00—12,50.

3. Ebene Böden bezw. Platten als leichte Fusswe.construction für eiserne Brücken:

0,90—2,00 m Spannweite pro qm Mk. 6,00—7,50.

4. Durchlässe und Unterführungen in halbelliptischer Form, fertig an Ort und Stelle:

0,90 m l. Weite, 0,90 m l. Höhe, pro lfd. m Mk. 46,00— 51,00,
2,00 « « « 2,00 « « « « « « « 87,50— 96,50,
5,00 « « « 4,50 « « « « « « « 320,00—370,00,
8,00 « « « 6,00 « « « « « « « 550,00—600,00.

5. Reservoire und Bassins jeder Art und Grösse:

5 cbm Inhalt, rund 1200 kg, Mk. 210 fertig an Ort und Stelle,
10 « « « 2200 « « 330 « «
15 « « « 2600 « « 425 « «
25 « « « 4000 « « 620 « «

30— 500 cbm = pro qm Wand- und Bodenfläche Mk. 14,00—24,00
500—1000 « = « « « « « « 18,50—27,50
1000—5000 « = « « « « « « 23,00—37,00,

grössere nach besonderer Berechnung.

XXI. Gezeitentafeln für die Nordseeküste pro 1898.

(Aus den veränderlichen Tafeln des Kgl. pr. Normalkalenders.)

Die folgende Tafel enthält die Angaben der mitteleuropäischen Zeiten des Hoch- und Niedrigwassers in Cuxhaven für jeden Tag im Jahre 1898.

Die Zeit des Hochwassers ist der Augenblick, wo das Wasser seinen höchsten Stand erreicht hat und wieder zu fallen beginnt; die Zeit des Niedrigwassers ist der Augenblick, wo das Wasser seinen tiefsten Stand erreicht hat und wieder zu steigen beginnt.

In der Regel tritt an jedem Vormittage und an jedem Nachmittage je ein Hochwasser und ein Niedrigwasser ein. Da indessen zwei Fluthwellen durchschnittlich im Zeitraum von 12 Stunden 25 Minuten aufeinander folgen, so wird etwa zweimal im Monat das Hochwasser, und ebenso das Niedrigwasser, nur einmal an demselben Tage eintreten. In diesem Falle zeigt ein Strich (—) an, dass das Hoch- bezw. das Niedrigwasser an der betreffenden Stelle ausfällt.

Die Hafenzeit, d. h. die Zeit von einer Kulmination der Sonne, welche mit einem oberen oder unteren Meridiandurchgange des Mondes zusammenfällt, bis zum nächsten Hochwasser beträgt für Cuxhaven 49 M.; der Zeitraum vom Hochwasser bis zum folgenden Niedrigwasser ist für Cuxhaven im Mittelwerth zu 6 St. 51 M. angenommen.

In dem dieser Tafel beigefügten Anhange sind für eine Reihe von Orten der deutschen Nordseeküste die Unterschiede der Hafenzeiten mit der Hafenzeit von Cuxhaven, also die Verspätungen (+) oder Verfrühungen (—) in den mitteleurop. Zeiten des Hochwassers der angeführten Orte gegen die mitteleurop. Zeiten des entsprechenden Hochwassers in Cuxhaven zu finden. Auch die Verspätungen oder Verfrühungen in den mitteleurop. Zeiten der Niedrigwasser gegen die Cuxhavener mitteleurop. Zeiten sind für eine Anzahl derselben Orte daselbst angegeben.

Die letzte Spalte des Anhanges enthält unter der Bezeichnung „Mittlere Fluthgrösse“, in Metern ausgedrückt, den mittleren Unterschied zwischen dem Hoch- und Niedrigwasser-Stande

Beispiel. Für Norderney tritt das Niedrigwasser durchschnittlich 2 St. 7 M. früher ein als in Cuxhaven; am 24. Juli ist das zweite Niedrigwasser in Cuxhaven um 11 U. 23 M. Abends, also in Norderney um 11 U. 23 M. — 2 St. 7 M. d. h. um 9 U. 16 M. Abends.

Digitized by Google

Cuxhaven. Hoch- und Niedrigwasser für 1898.

Datum.	Januar.				Februar.				März.				April.				Mai.				Juni.			
	Hochwasser vor Mittag.		Hochwasser nach Mittag.		Niedrigwasser vor Mittag.		Niedrigwasser nach Mittag.		Hochwasser vor Mittag.		Hochwasser nach Mittag.		Niedrigwasser vor Mittag.		Niedrigwasser nach Mittag.		Hochwasser vor Mittag.		Hochwasser nach Mittag.		Niedrigwasser vor Mittag.		Niedrigwasser nach Mittag.	
	U.	M.	U.	M.	U.	M.	U.	M.	U.	M.	U.	M.	U.	M.	U.	M.	U.	M.	U.	M.	U.	M.	U.	M.
1	7	7	7	34	1	22	1	47	8	5	8	43	2	17	2	56	6	16	6	42	12	35	12	58
2	8	4	8	37	2	16	2	50	9	22	10	1	3	37	4	18	7	15	7	53	1	29	2	6
3	9	11	9	44	3	25	4	0	10	39	11	15	4	58	5	36	8	35	9	17	2	48	3	32
4	10	18	10	51	4	36	5	11	11	47	—		6	10	6	40	9	58	10	37	4	15	4	56
5	11	22	11	50	5	44	6	14	12	14	12	39	7	7	7	31	11	12	11	43	5	33	6	6
6	—		12	16	6	42	7	9	1	1	1	21	7	53	8	13	—		12	9	6	35	7	0
7	12	40	1	2	7	33	7	55	1	40	1	59	8	33	8	53	12	32	12	54	7	24	7	46
8	1	23	1	42	8	15	8	34	2	18	2	36	9	11	9	28	1	14	1	33	8	6	8	25
9	2	0	2	17	8	52	9	9	2	53	3	9	9	44	10	0	1	51	2	9	8	43	9	1
10	2	34	2	51	9	26	9	44	3	26	3	43	10	17	10	34	2	27	2	44	9	18	9	35
11	3	9	3	27	10	1	10	19	4	0	4	18	10	51	11	8	3	0	3	17	9	52	10	10
12	3	45	4	3	10	36	10	53	4	36	4	54	11	25	11	42	3	35	3	54	10	28	10	46
13	4	21	4	40	11	11	11	29	5	13	5	32	11	59	—		4	13	4	33	11	5	11	23
14	4	59	5	18	11	46	—		5	53	6	15	12	17	12	36	4	53	5	14	11	42	—	
15	5	38	5	58	12	4	12	22	6	39	7	12	12	57	1	27	5	36	6	1	12	1	12	23
16	6	20	6	45	12	41	1	3	7	53	8	39	2	6	2	52	6	31	7	6	12	49	1	21
17	7	12	7	41	1	27	1	54	9	26	10	13	3	41	4	30	7	48	8	36	2	1	2	49
18	8	18	8	59	2	30	3	12	10	59	11	38	5	18	6	0	9	25	10	10	3	40	4	27
19	9	42	10	25	3	58	4	43	—		12	9	6	34	7	5	10	51	11	26	5	10	5	47
20	11	6	11	43	5	26	6	6	12	37	1	3	7	33	7	59	11	54	—		6	18	6	47
21	—		12	16	6	42	7	14	1	27	1	49	8	22	8	44	12	20	12	45	7	14	7	38
22	12	46	1	14	7	44	8	12	2	10	2	30	9	5	9	25	1	7	1	37	7	59	8	19
23	1	40	2	4	8	38	9	2	2	50	3	9	9	44	10	2	1	46	2	5	8	39	8	58
24	2	27	2	50	9	25	9	47	3	28	3	45	10	19	10	35	2	23	2	40	9	15	9	31
25	3	12	3	33	10	8	10	28	4	1	4	1	10	49	11	2	2	56	3	11	9	46	10	0
26	3	54	4	14	10	47	11	4	4	30	4	45	11	16	11	30	3	26	3	41	10	15	10	30
27	4	32	4	50	11	21	11	37	5	1	5	18	11	45	—		3	57	4	13	10	45	11	0
28	5	8	5	25	11	52	—		5	36	5	55	12	1	12	17	4	29	4	46	11	15	11	31
29	5	42	5	59	12	7	12	22									5	4	5	24	11	49	—	
30	6	17	6	37	12	37	12	54									5	46	6	11	12	8	12	30
31	7	0	7	29	1	15	1	42									6	40	7	14	12	56	1	28

Datum.	Juli.				August.				September.				Oktober.				November.				Dezember.			
	Hochwasser vor Mittag.		Hochwasser nach Mittag.		Niedrigwasser vor Mittag.		Niedrigwasser nach Mittag.		Hochwasser vor Mittag.		Hochwasser nach Mittag.		Niedrigwasser vor Mittag.		Niedrigwasser nach Mittag.		Hochwasser vor Mittag.		Hochwasser nach Mittag.		Niedrigwasser vor Mittag.		Niedrigwasser nach Mittag.	
	U.	M.	U.	M.	U.	M.	U.	M.	U.	M.	U.	M.	U.	M.	U.	M.	U.	M.	U.	M.	U.	M.	U.	M.
1	12	54	1	19	6	59	7	24	1	39	2	4	7	46	8	11	2	31	2	56	8	32	8	57
2	1	48	2	13	7	53	8	18	2	33	2	58	8	40	9	5	3	25	3	50	9	26	9	51
3	2	42	3	7	8	47	9	12	3	27	3	52	9	34	9	59	4	19	4	44	10	20	10	45
4	3	36	4	1	9	41	10	6	4	21	4	46	10	28	10	53	5	13	5	38	11	14	11	39
5	4	30	4	55	10	35	11	0	5	15	5	40	11	22	11	47	6	7	6	32	12	8	12	33
6	5	24	5	49	11	29	—		6	9	6	34	12	16	—		7	1	7	26	1	2	1	27
7	6	18	6	43	12	23	12	48	7	3	7	28	1	10	1	35	7	55	8	20	1	56	2	21
8	7	12	7	37	1	17	1	42	7	57	8	22	1	54	2	19	8	49	9	14	2	50	3	15
9	8	6	8	31	2	11	2	36	8	51	9	16	2	48	3	13	9	43	10	8	3	44	4	9
10	9	0	9	25	3	5	3	30	9	45	10	10	3	42	4	7	10	37	11	2	4	38	5	3
11	9	54	10	19	3	59	4	24	10	39	11	4	4	36	5	1	11	31	11	56	5	32	5	57
12	10	48	11	13	4	53	5	18	11	33	11	58	5	30	5	55	—		12	25	6	26	6	51
13	11	42	—		5	47	6	12	12	27	—		6	24	6	49	12	19	1	14	7	20	7	45
14	12	36	12	7	6	41	7	6	1	21	1	52	7	18	7	43	1	13	2	8	8	14	8	39
15	1	30	1	55	7	35	8	0	2	15	2	46	8	12	8	37	2	7	3	2	9	8	9	33
16	2	24	2	49	8	29	8	54	3	9	3	40	9	6	9	31	3	1	3	56	10	2	10	27
17	3	18	3	43	9	23	9	48	4	3	4	34	9	59	10	25	3	55	4	50	10	56	11	21
18	4	12	4	37	10	17	10	42	4	57	5	28	10	53	11	19	4	49	5	44	11	50	—	
19	5	6	5	31	11	11	11	36	5	51	6	22	11	47	—		5	43	6	38	12	44	12	15
20	6	0	6	25	12	5	—		6	45	7	16	12	41	12	8	6	37	7	32	1	38	1	9
21	6	54	7	19	1	1	1	30	7	39	8	10	1	36	2	3	7	31	8	26	2	32	3	3
22	7	48	8	13	1	55	2	24	8	33	9	4	2	30	2	57	8	25	9	20	3	26	3	57
23	8	42	9	7	2	49	3	18	9	27	9	58	3	24	3	51	9	19	10	14	4	20	4	51
24	9	36	10	1	3	43	4	12	10	21	10	52	4	18	4	45	10	13	11	8	5	14	5	45
25	10	30	10	55	4	37	5	6	11	15	11	46	5	12	5	39	11	7	12	2	6	8	6	39
26	11	24	11	49	5	31	5	59	12	9	—		6	6	6	33	12	1	12	56	7	2	7	33
27	12	18	—		6	25	6	53	1	3	1	40	7	0	7	27	12	55	1	50	7	56	8	27
28	1	12	1	37	7	19	7	47	1	57	2	34	7	54	8	21	1	49	2	44	8	50	9	21
29	2	6	2	31	8	13	8	41	2	51	3	28	8	48	9	15	2	43	3	38	9	44	10	15
30	3	0	3	25	9	7	9	35	3	45	4	22	9	42	10	9	3	37	4	32	10	38	11	9
31	3	54	4	19	10	1	10	30					10	36	11	3					11	32	11	57

Digitized by Google

Datum	Juli.				August.				September.				October.				November.				December.			
	Hochwasser vor Mittag.		Hochwasser nach Mittag.		Niedrigwasser vor Mittag.		Niedrigwasser nach Mittag.		Hochwasser vor Mittag.		Hochwasser nach Mittag.		Niedrigwasser vor Mittag.		Niedrigwasser nach Mittag.		Hochwasser vor Mittag.		Hochwasser nach Mittag.		Niedrigwasser vor Mittag.		Niedrigwasser nach Mittag.	
	U.	M.	U.	M.	U.	M.	U.	M.	U.	M.	U.	M.	U.	M.	U.	M.	U.	M.	U.	M.	U.	M.	U.	M.
1	10	15	10	51	4	33	5	11	—		12	17	6	44	7	16	1	23	1	46	8	20	8	42
2	11	25	11	56	5	48	6	22	12	46	1	13	7	45	8	12	2	7	2	27	9	2	9	21
3	—		12	26	6	54	7	25	1	38	2	2	8	37	9	0	2	46	3	5	9	40	9	58
4	12	54	1	22	7	55	8	22	2	25	2	48	9	23	9	45	3	24	3	42	10	16	10	32
5	1	48	2	13	8	48	9	13	3	11	3	33	10	7	10	28	3	59	4	15	10	47	11	2
6	2	38	3	4	9	38	10	3	3	54	4	13	10	47	11	4	4	31	4	47	11	16	11	31
7	3	29	3	53	10	27	10	50	4	32	4	50	11	21	11	36	5	4	5	23	11	48	—	
8	4	16	4	39	11	11	11	30	5	7	5	24	11	51	—		5	43	6	5	12	5	12	24
9	5	0	5	20	11	48	—		5	41	5	59	12	6	12	21	6	32	7	7	12	48	1	19
10	5	39	5	59	12	5	12	22	6	20	6	43	12	39	12	59	7	46	8	28	1	58	2	41
11	6	20	6	43	12	40	1	1	7	11	7	47	1	25	2	0	9	9	9	49	3	24	4	6
12	7	8	7	35	1	24	1	49	8	27	9	8	2	40	3	22	10	27	11	2	4	46	5	23
13	8	6	8	39	2	18	2	52	9	48	10	27	4	5	4	46	11	31	11	55	5	54	6	21
14	9	15	9	52	3	30	4	9	11	4	11	35	5	25	5	58	—		12	17	6	45	7	8
15	10	28	11	2	4	47	5	23	—		12	3	6	28	6	55	12	38	12	57	7	29	7	48
16	11	34	—		5	57	6	28	12	27	12	50	7	20	7	42	1	15	1	32	8	6	8	24
17	12	2	12	28	6	56	7	21	1	10	1	28	8	1	8	19	1	50	2	7	8	42	8	59
18	12	51	1	12	7	44	8	5	1	45	2	2	8	36	8	53	2	24	2	40	9	15	9	31
19	1	32	1	50	8	24	8	42	2	19	2	35	9	10	9	26	2	56	3	12	9	47	10	3
20	2	7	2	23	8	58	9	14	2	51	3	7	9	42	9	57	3	29	3	47	10	20	10	39
21	2	39	2	55	9	30	9	46	3	23	3	39	10	13	10	29	4	7	4	27	10	58	11	17
22	3	12	3	28	10	2	10	19	3	55	4	12	10	45	11	0	4	48	5	10	11	36	11	57
23	3	45	4	3	10	36	10	52	4	29	4	46	11	16	11	33	5	34	6	1	—		12	21
24	4	20	4	36	11	7	11	23	5	5	5	25	11	51	—		6	32	7	11	12	49	1	25
25	4	53	5	11	11	39	11	55	5	46	6	10	12	9	12	30	7	57	8	44	2	9	2	58
26	5	29	5	49	—		12	13	6	39	7	15	12	56	1	29	9	31	10	14	3	47	4	32
27	6	11	6	35	12	32	12	53	7	59	8	48	2	11	3	1	10	52	11	23	5	12	5	46
28	7	2	7	36	1	17	1	49	9	36	10	22	3	52	4	40	11	50	—		6	16	6	42
29	8	17	9	0	2	29	3	14	11	4	11	38	5	25	6	2	12	14	12	37	7	7	7	31
30	9	44	10	28	4	0	4	46	—		12	6	6	33	7	2	12	59	1	19	7	53	8	14
31	11	9	11	46	5	30	6	10	12	33	12	59	7	30	7	50								

Datum	December.							
	Hochwasser vor Mittag.		Hochwasser nach Mittag.		Niedrigwasser vor Mittag.		Niedrigwasser nach Mittag.	
	U.	M.	U.	M.	U.	M.	U.	M.
1	2	40	2	58	9	32	9	50
2	3	16	3	34	10	7	10	24
3	3	52	4	10	10	41	10	57
4	4	28	4	47	11	14	11	32
5	5	7	5	29	11	52	—	
6	5	52	6	16	12	12	12	34
7	6	42	7	11	12	58	1	25
8	7	42	8	15	1	55	2	27
9	8	48	9	21	3	1	3	36
10	9	55	10	28	4	12	4	47
11	10	58	11	25	5	19	5	49
12	11	50	—		6	16	6	43
13	12	15	12	41	7	11	7	38
14	1	6	1	31	8	5	8	31
15	1	56	2	22	8	57	9	23
16	2	48	3	14	9	48	10	13
17	3	39	4	4	10	37	11	0
18	4	28	4	52	11	22	11	44
19	5	17	5	41	—		12	5
20	6	6	6	32	12	27	12	50
21	6	58	7	27	1	14	1	41
22	7	59	8	32	2	12	2	45
23	9	6	9	40	3	20	3	56
24	10	13	10	44	4	31	5	5
25	11	15	11	43	5	38	6	8
26	—		12	9	6	36	7	2
27	12	33	12	56	7	27	7	49
28	1	17	1	36	8	9	8	28
29	1	54	2	12	8	47	9	5
30	2	30	2	47	9	22	9	38
31	3	4	3	21	9	55	10	11

Digitized by Google

Tafel der Hochwasser- und Niedrigwasser-Zeiten.

Verspätung oder Verfrühung in den mitteleurop. Zeiten des Hochwassers und Niedrigwassers an verschiedenen Punkten der deutschen Nordseeküste gegen die in der vorangehenden Tafel für das Jahr 1898 berechneten Hochwasser- und Niedrigwasser-Zeiten von Cuxhaven mit Angaben von mittleren Fluthgrössen.

Ort.	Mitteleurop. Zeit des Hochwassers — früher + später als in Cuxhaven. St.	Min.	Niedrigwassers St.	Min.	Mittlere Fluthgrösse in Metern.
Helgoland	— 1	16	— 1	22	2,06
Borkum, Südwesthörn	— 2	6	— 2	32	2,20
Borkum, Hohehörn	— 1	52	— 2	14	2,20
Knock, an der	— 1	15	—		2,67
Emden, Nesserland-Schleuse	— 0	26	— 0	20	2,76
Leer, Hafen	+ 0	51	+ 1	34	2,04
Papenburger Schleuse	+ 2	2	—		1,58
Norderney, Rhede	— 1	50	— 2	7	2,41
Baltrum, Rhede	— 1	31	— 2	8	2,41
Westerackumersiel	— 1	12	— 0	54	1,78
Langeroog, Rhede	— 1	27	— 2	3	2,44
Neuharlingersiel	— 1	8	+ 0	16	1,73
Spiekeroog, Rhede	— 1	31	— 1	57	2,58
Friedrichsschleuse	— 0	58	+ 0	59	1,15
Wangeroog, Kirchthurm	— 1	26	—		2,51
Horumersiel	— 0	59	—		—
Crildumersiel	— 0	44	—		—
Hooksiel	— 0	39	—		3,14
Rüstringersiel	— 0	35	—		—
Wilhelmshaven	+ 0	3	— 0	36	3,46
Bandtersiel	+ 0	13	—		—
Mariensiel	+ 0	17	—		—
Varelersiel	+ 0	55	—		2,98
Weser-Feuerschiff	— 0	52	—		3,14
Hohen-Wegs, Leuchtthurm	— 0	37	—		3,14
Bremerhaven, Einfahrt	+ 0	16	+ 0	32	3,30
Geestemünde, Einfahrt	+ 0	20	+ 0	37	3.30
Brake	+ 1	37	—		2,86
Elsfleth	+ 1	49	—		2.53
Vegesack	+ 2	35	—		1,54
Bremen, Freihafen	+ 3	51	—		1,28
Elbe-Feuerschiff No. I.	— 0	57	—		2,98
Scharhörn	— 1	7	—		2,80
Cuxhaven, Einfahrt	—		—		2,80
Brunsbüttel	+ 1	3	+ 1	18	2,71
Glückstadt, Hafeneinfahrt	+ 2	0	+ 2	15	2,87
Brunshausen	+ 2	59	+ 3	25	2,77
Lühe	+ 3	19	+ 3	52	2 69
Schulau	+ 3	34	—		2,41
Blankenese	+ 3	43	—		—
Harburg	+ 4	43	—		0,94
Hamburg, Ponton bei St. Pauli	+ 4	16	+ 5	11	1,87
Buntehaus	+ 5	3	+ 6	52	0,85
Blauort-Sand, Norderpiep	— 0	10	—		3,06
Büsum, Hafen	+ 0	31	—		3,14
Meldorf, Hafen	+ 0	42	—		—
Eider, Ansegelungstonne	— 1	13	—		3,14
Vollerwieck, Verlorenhörn	+ 0	1	—		2,98
Tönning, Rhede	+ 0	52	+ 1	9	2,51
Tönning, Dampfschiffbrücke	+ 0	37	+ 0	58	2,56
Mittelhever, Ansegelungstonne	— 0	57	—		2,98
Pellworm, Hafen	+ 1	1	—		3,14
Südfall, Fahrwasserkante	+ 0	31	—		3,03
Nordstrand, Fahrwasserkante	+ 1	0	—		3,32
Husum, Schleuse	+ 1	30	—		3,45

Digitized by Google

Ort.	Mitteleurop. Zeit des Hochwassers — früher + später als in Cuxhaven. St.	Min.	Niedrigwassers St.	Min.	Mittlere Fluthgrösse in Metern
Schmaltief, Ansegelungstonne .	— 0	57	—		2,82
Hooge, Süderaue	+ 0	42	—		2,82
Wyk (Insel Föhr)	+ 1	2	—		2,51
Dagebüll, Schleuse	+ 1	41	—		2,67
Amrum, Kniephafen	— 0	17	—		2,82
Listertief, Ansegelungstonne .	— 0	18	—		1,73
List, Rhede	+ 1	12	—		2,04
Röm, Südspitze	+ 1	22	—		1,88
Munkmarsch Loch	+ 1	38	—		1,88
Hoyer, Schleuse	+ 2	11	—		2,04

XXII. Münz-Vergleichungs-Tabelle.

	Deutsche Mark.
Deutsches Reich: 1 M. à 100 Pf. (1 kg feines Gold = 2790 M.; 1 kg feines Silber = 200 M.; 1 kg Gold = 15,5 kg Silber.)	1,00
Aegypten: 1 Piaster à 40 Para à 2 Courant-Piaster	0,21
1 Beutel à 5 Pfund à 100 Piaster	106,00
Algier wie Frankreich.	
Arabien: 1 Krusch à 40 Diwani .	1,67
1 Mahmudi à 20 Gass	0,21
1 Mokkathaler à 80 Cabir . . .	3,50
Belgien: 1 Franc à 100 Centimes .	0,80
Brasilien: 1 Milreïs Silber à 1000 Reales	2,34
1 Milreïs Papiergeld	1,67
Dänemark: 1 Krone à 100 Oere .	1,125
Frankreich: 1 Franc à 100 Cent.	0,80
1 Zwanzig Francs-Stück Gold . (1 kg Gold bei 0,900 Feingehalt = 3100 Fr., 1 kg Silber desgl. = 198,50 Fr.)	16,20
Griechenland: 1 Drachma à 100 Lepta (wie Frankreich)	0,80
Gross-Brittannien u. Irland: 1 Shilling à 12 Pence	1,00
1 Pfd. Sterling Gold à 20 Shilling	20,40
Japan: 1 Gold-Yen à 100 Sen . .	4,38
Italien: 1 Lira à 100 Centesimi .	0,80
1 Ducato à 10 Carlini à 10 Grana	3,44
Mexiko: 1 Piaster à 8 Reales oder 100 Centimes	4,33
1 Unze Gold à 16 Piaster . . .	66,11
Niederlande: 1 Gulden à 100 Cents	1,70
1 Goldstück à 10 Gulden . . .	16,47

	Deutsche Mark.
Oesterreich-Ungarn: 1 Gulden Silber à 100 Kreuzer	2,00
1 Achtgulden-Stück Gold (= 20 Francs)	16,00
(1 kg Gold bei 0,900 Feingehalt = 155 Achtgulden-Stücke.)	
Persien: 1 Toman Gold à 10 Kran à 2 Panabat	9,30
1 Rupie Silber	1,56
Peru: 1 Sol à 100 Cents	4,00
Portugal: 1 Milreïs à 1000 Reïs.	4,50
1 Goldkrone à 10 Milreïs . . .	45,00
Rumänien: 1 Piaster (Lei) à 100 Ban Para	0,80
1 Zwanzig Lei-Stück Gold . .	16,16
Russland: 1 Silber-Rubel à 100 Kopeken	3,22
1/2 Imperial Gold à 5 Rubel . .	16,74
Schweden und Norwegen: 1 Krone à 100 Oere	1,125
1 Goldstück zu 20 Kronen . .	22,50
Schweiz: 1 Fr. à 100 Cts. (Rappen)	0,80
Serbien: 1 Dinar à 100 Para . .	0,80
Spanien: 1 Peseta à 100 Cents .	0,864
1 Escudo (Coronna) à 10 Reales à 10 Decima (oder 34 Maravedis)	2,10
1 Gold-Doblon de Isabell = 10 Escudos	21,34
Türkei: 1 Piaster à 40 Para à 3 Kurant-Asper	0,19
1 Medjidié Goldm. v. 100 Piastern	18,48
1 Medjidié Silberm. v. 20 Piastern	3,60
1 Beutel = 5 Goldmedjidié.	
Vereinigte Staaten von Nord-Amerika: 1 Gold-Dollar à 100 Cts.	4,20
1 Silber-Dollar	4,00

Digitized by Google

XXIII. Länder-Statistik.

Europa	9710340 qkm, 316 Mill. Einw.	Amerika	38389210 qkm, 95 Mill. Einw.
Asien	44572250 « 834 « «	Austral.	8953727 « 4½ « «
Afrika	29909414 « 205 « «	Polargeb.	4520400 « — « «

Staaten in Europa.	Herrscher und Geburtsjahr.	Einwohn. in Tausend.	Hauptstadt. Einwohner in Tausenden.	Steh. Heer in Tausd. im Fried.	Steh. Heer in Tausd. im Kriege
Deutschland	Wilhelm II. 1859.	45223	Berlin . 1122	427	1700
Oesterreich	Frz. Joseph I. 1830	37825	Wien . 1104	285	1130
Russland	Nicolaj II. Alex. 1868	72391 u. 15630	St. Petersb. 927	970	2618
Italien	Humbert I. 1844 .	28437	Rom . 300	486	1718
Frankreich	Felix Faure .	37216 u. 5530	Paris . 2226	498	1200
England	Victoria 1819 .	34788 u. 257000	London . 3814	128	?
Niederlande	Wilhelmine Regentin Königin-Mutter Emma	4012 u. 24850	Amsterd. 326	65	?
Schwed. u. Norweg.	Oskar II. 1829.	6385	Stockholm 173	59	252
Spanien	Alphons XIII. 1886, Regentin: Königin-Mutter Marie Christine	16623 u. 8400	Madrid . 400	106	243
Portugal	Louis I. 1838 .	4348 u. 3600	Lissabon . 233	30	78
Belgien	Leopold II. 1835 .	5536	Brüssel . 400	46	108
Dänemark	Christian IX. 1818	2028	Kopenhag. 235	17	50
Luxemburg	Adolf I. 1817 .	200	Luxemburg 20	0,150	0,150
Türkei	Abd. Hamid II. 1842	21456	Constantpl. 600	?	?
Griechenland	Georg I. 1845 .	2067	Athen . 68	54	200
Schweiz	Bundesrath .	2846	Bern . 44	117	210
Rumänien	Carl I. 1839 .	5376	Bukarest . 200	24	?
Serbien	Alexander 1878 .	1589	Belgrad . 27	25	250

Staaten in Deutschland.	Herrscher und Geburtsjahr.	Einwohn. in Tausend.	Fläche in qkm.	Einwohn. auf 1 qkm.	Hauptstadt. Einwohner in Tausenden.
Kgr. Preussen	Wilhelm II. 1859 .	27278	347509	77	Berlin . 1122
Kgr. Bayern	Otto I. 1848 . . Reichsverweser: Prinz Luitpold 1821	5284	75863	69	München . 230
Kgr. Sachsen	Albert 1828 . . .	2972	14992	191	Dresden . 220
Kgr. Württemberg	Wilhelm 1848 . .	1971	19503	101	Stuttgart . 119
Elsass-Lothringen	—	1566	14511	108	Strassburg 106
Grh. Baden	Friedrich 1826 .	1570	15043	104	Karlsruhe 50
Grh. Hessen	Ernst Ludwig 1868	936	7678	122	Darmstadt 48
Grh. Meckl.-Schwer.	Fd. Franz III. 1851	567	13303	43	Schwerin . 30
Fr. Stadt Hamburg	Senat	453	409	1107	Hamburg . 290
Grh. Oldenburg	Peter 1827 . . .	337	6399	52	Oldenburg 20
H. Braunschweig	Prinz Albrecht von Preussen, Prinz-Reg. 1837	349	3630	88	Braunschw. 75
Grh. Schs.-Weimar	Crl. Alexand. 1818	309	3593	81	Weimar . 19
H. Anhalt	Friedrich 1831 .	232	2347	91	Dessau . 23
H. Sachs.-Meining.	Georg II. 1826 .	207	248	78	Meiningen 11
H. S.-Coburg-Gotha	Alfred 1844 . . .	194	1967	92	Gotha . 26
H. Schs.-Altenburg	Ernst Friedr. 1826	155	1321	117	Altenburg 26
Freie Stadt Bremen	Senat	156	255	612	Bremen . 112
Grh. Meckl.-Strelitz	Friedr. Wilh. 1819	100	2929	34	N.-Strelitz 9
F. Reuss j. L.	Heinr. XIV. 1832	101	829	122	Gera . 27
F. Schw.-Rudolstdt.	Georg 1838 . . .	80	942	81	Rudolstadt 8
F. Schw.-Sondersh.	Günther 1830 . .	71	862	78	Sondershaus. 6
F. Waldeck	Georg V. 1831 . .	56	1135	50	Arolsen . 2
Fr. Stadt Lübeck	Senat	63	282	212	Lübeck . 51
F. Reuss ä. L.	Heinr. XXII. 1846	50	316	160	Greiz . 12
F. Schaumb.-Lippe	Georg 1846 . . .	35	443	103	Bückeburg 5

XXIV. Verzeichniss der Bahnen

des Vereins Deutscher Eisenbahn-Verwaltungen.

Nach dem Stande vom 1. August 1897.

Die mit * bezeichneten Verwaltungen gehören dem Ausschusse für technische Angelegenheiten an. Vorsitzende Verwaltung des Ausschusses für die Jahre 1896—1900: die Ungarische Staatsbahn. Die hinter den Namen der Bahnen stehenden Zahlen geben die Betriebslänge in km an. Die Gesammtlänge aller den Vereins-Mitgliedern unterstellten Bahnstrecken (siehe nachstehend unter I) beträgt 84277,60 km.

[E.-G. = Eisenbahn-Gesellschaft.]

I. Vereins-Mitglieder.

A. Deutsche Verw. [45901,06]	Abgekürzte Aufschriften der Dienst-telegramme.
Altdamm-Colberger E.-G. [113,27]	Dir. A. D. C. Stettin.
K. E. D. Altona. [1586,96]	K. Dir. Altona.
*Badische Staatsb. [1550,16]	Gdir. Karlsruhe.
*Bayerische Staatsb. [5322,49]	Gd. München.
*K. E. D. Berlin. [577,24]	K. Dir. Berlin.*)
Braunschweig. Landes-E.-G. [82,08]	Dir. Landesb. Braunschweig.
*K. E. D. Breslau. [1780,29]	K. Dir. Breslau.
Breslau-Warschauer E.-G. [55,34]	Dir. Oels.
*K. E. D. Bromberg. [1581,87]	K. Dir. Bromberg.
K. E. D. Cassel. [1400,78]	K. Dir. Cassel.
Crefelder E.-G. [61,40]	Dir. Crefeld.
K. E. D. Danzig. [1500,69]	K. Dir. Danzig.
Dortm.-Gronau-Ensch. E.-G. [109,71]	Dir. Dortmund.
*K. E. D. Elberfeld. [1102,61]	K. Dir. Elberfeld.
*Elsass-Lothringische E. [1798,98]	Gdir. Strassburg.
*K. E. D. Erfurt. [1604,52]	K. Dir. Erfurt.
K. E. D. Essen a. R. [805,97]	K. Dir. Essen.
Eutin-Lübecker E.-G. [40,86]	Dir. E. L. Lübeck.
K. E. D. Frankfurt a. M. [1517,30]	K. Dir. Frankfurt M.
Halberstadt-Blankenb. E.-G. [55,08]	Dir. Blankenburg.
K. E. D. Halle a. S. [1918,74]	K. Dir. Halle a. S.
*K. E. D. Hannover. [1691,43]	K. Dir. Hannover.
K. E. D. Kattowitz. [1227,90]	K. Dir. Kattowitz.
Kiel-Eckernf.-Flensb. E.-G. [81,09]	Dir. K. F. Kiel.
*K. E. D. Köln. [1320,38]	K. Dir. Köln.
K. E. D. Königsberg i. Pr. [1581,08]	K. Dir. Königsberg.
Ludwigs E.-G. (Nürnb.-Fürth). [6,04]	—
Lübeck-Büchener E.-G. [130,43]	Dir. L. B. Lübeck.
*K. E. D. Magdeburg. [1680,34]	K. Dir. Magdeburg.
Main-Neckarbahn. [127,35]	Dir. Darmstadt.
Kgl. Preussische und Grossherzogl. Hessische E. D. [801,48]	Dir. Mainz.
Marienburg-Mlawkaer E.-G. [149,32]	Dir. M. M. Danzig.
Grossherzogl. Mecklenb. Friedrich Franz-E. [1020,86]	Gdir. Schwerin.
Militair-E. [70,58]	Dir. Milit. Berlin.
K. E. D. Münster. [1235,00]	K. Dir. Münster.
*Grossherz. Oldenburgische E. [477,18]	Dir. Oldenburg.
Ostpreuss. Südb.-G. [261,27]	Dir. O. S. B. Königsberg.
*Pfälzische E. [735,86]	Pfalz B. D. Ludwigshafen.
K. E. D. Posen. [1478,55]	K. Dir. Posen.
*Sächsische Staats-E. [2914,33]	Gdir. Dresden.
Stargard-Cüstriner E.-G. [116,36]	Dir. Soldin.
*K. E. D. St. Joh.-Saarbrück. [793,44]	K. Dir. Saarbrücken.
K. E. D. Stettin. [1674,49]	K. Dir. Stettin.
Württembergische Staatsb. [1754,16]	Gdir. Staatsbahnen Stuttgart.

*) Für die geschäftsführende Verwaltung des Vereins (Berlin W., Schöneberger Ufer 1—4): Gf. Verw. Berlin.

Digitized by Google

	Abgekürzte Aufschriften der Dienst-telegramme.
B. Oesterr.-Ungar. Verw. [31356,71]	
Ver. Arader u. Csanád. E. [382,21]	
Aussig-Teplitzer E.-G. [159,62]	
Banjaluka-Doberliner E. [105,05]	
Böhm. Commercialb. [192,51]	
Böhmische Nordbahn-G. [320,35]	
Buschtěhrader E. [471,93]	
* K. K. Eisenb.-Minist., Wien [9279,44]	
Fünfkirchen-Barcser E. [68,00]	
Graz-Köflacher E.-G. [106,33]	
* Kaiser Ferd.-Nordbahn. [1368,68]	
* Kaschau-Oderberger E.-G. [548,73]	
* Mohács-Fünfkirchner E. [67,55]	
* Oesterr. Nordwestbahn. [1060,81]	
* Oest.-Ung. Staats-E.-Ges. [1376,72]	
Raab-Oedenb.-Ebenf. E. [119,81]	
* Südbahn-G. [2501,03]	
Süd-Nordd. Verbindungs-B. [324,59]	
Szamosthalbahn [224,35]	
Torontaler Lokalb. [215,09]	
* Ungarische Staatsbahnen. [12374,68]	
Wien-Aspang E. [89,23]	
C. Andere Verwaltungen. [7019,83]	
Prinz Heinrich-E.-G. [166,17]	P. H. Dir. Luxemburg.
Chimay-E.-G. [59,11]	Verw. Chimay.
Grand Central Belge E. [614,97]	Gdir. Gr. Central B. Brüssel.
* Holländische E.-G. [983,46]	Spez. Dir. Holland, Amsterdam.
Lüttich-Mastrichter E.-G. [29,00]	Direktor Lüttich-Mastricht, Lüttich.
Niederländ. Centralbahn. [103,09]	Dir. N. Centr. Utrecht.
* Niederländische Staatsb. [1591,16]	Gdir. Staatsb. Utrecht.
Nordbrab.-Deutsche E.-G. [100,92]	Dir. Genuep.
Rumänische Staatsb. [2879,66]	
Warschau-Wiener E. [492,29]	

II. An den Vereins-Einrichtungen Theil nehmende Bahnen.

Bentheimer Kreis-E. [29]	Dir. B. Kr. B. Bentheim.
Central-Verw. für Sekundärbahnen H. Bachstein, Berlin [170,61] für folgende Bahnen:	
Arnstadt-Ichtershausener E. [5]	Centr. Verw. f. S. Berlin.
Bregthalbahn. [32]	
Hohenebra-Ebelebener E. [9]	
Ilmenau-Grossbreitenbach. E. [19]	
Kaiserstuhlbahn. [40]	
Neubrandenbg.-Friedlander E. [26]	
Weimar-Berka-Blankenh. E. [32]	
Wutha-Ruhlaer E. [7]	
Dahme-Uckroer E. [13]	Dir. Dahme.
Eisenberg-Crossener E. [8]	Betr. Verw. Eisenberg.
Eisern-Siegener Eisenbahn. [12]	Dir. E. S. E. Siegen.
Fürth-Zirndorf-Cadolzburg E. [13]	L. A. G. München.
E. des Georgs-Marienhütten- und Bergwerks-Vereins. [9]	Dir. Gmh. E. Osnabrück.
Hansdorf-Priebus E. [23]	L. A. G. München.
Lausitzer E. [9]	Dir. Sommerfeld.
Meckl. Friedr. Wilhelm-E. [69]	Dir. Wesenberg.
München-Wolfratshausener E. [36]	L. A. G. München.
Murnau-Garmisch:Partenk. [25]	
Oberdorf b. B.-Füssen. [31]	
Paulinenaue-Neu-Ruppiner E. [28]	Dir. Neu-Ruppin.
Prignitzer E. [63]	Dir. P. E. Perleberg.
Sonthofen-Oberstdorf. [13]	L. A. G. München.
Süddeutsche E.-G. [40,83] für:	
Osthofen-Westhofener E. [6]	Dir. S. E. G. Darmstadt.
Reinheim-Reichelsheimer E. [18]	
Sprendlingen-Wöllsteiner E. [6]	
Worms-Offsteiner E. [11]	
Westfälische Landes-E. [31]	Betr. Dir. Lippstadt.
Wittenberge-Perleberger E. [11]	Betr.-Vorst. Perleberg.

Digitized by Google

Kalender

für

Strassen- & Wasserbau und Cultur-Ingenieure.

Begründet von

A. Rheinhard.

Neu bearbeitet unter Mitwirkung von Fachgenossen

von

R. Scheck,

Königl. Preuss. Wasser-Bauinspector in Breslau.

Geehefteter Theil.

I. Abtheilung.

Fünfundzwanzigster Jahrgang 1898.

INHALT:

Seite

I. Hydraulik. Tabelle über den Druck einer Atmosphäre. Ausfluss des Wassers bei constanter Druckhöhe. Ausfluss des Wassers bei veränderlicher Druckhöhe. Grösse der Ausflusscoëfficienten. Ausfluss bei vollkommenen Ueberfällen. Ausfluss des Wassers aus Flüssen oder Seeen in Kanäle und andere Gerinne. Bewegung des Wassers in Rohrleitungen. Graphische Bestimmung der Druckverluste in Rohrleitungen. 1. Der einfache Rohrstrang. 2. Der zusammengesetzte Strang. 3. Vereinigung von zwei Quellen. 4. Das Kreisnetz. 5. Druck-Wassermenge und mechanische Arbeit. 6. Anwendung obiger Sätze. Bewegung des Wassers in Flüssen u. Kanälen. Geschwindigkeitsmessungen. Stoss des Wassers. Stauhöhe und Stauweite 1

IIa. Anleitung zur Berechnung der (mittelleuropäischen) Quellen- und Stromabflussmengen aus der Regenmenge, Grösse und Beschaffenheit der Quellen- und Flussgebiete. Grundlage der theoretischen Quellen- und Stromberechnung 34

IIb. Die grössten Wassermengen. Von E. Cramer, Reg.- u. Bauräth in Breslau 41

III. Wasserbau. Normalhorizonte. Meteorologische und hydrologische Notizen. Regenhöhe u. Vertheilung der Niederschläge. Niederschlags- und Abflussverhältnisse der Saale bis zum Eintritt in die norddeutsche Tiefebene. Zu Wasserversorgungsanlagen. Wasserbedarf pro Tag in Liter. Anlage der Sammel-, Filtrir-

Fortsetzung des Inhalts-Verzeichnisses siehe umstehend!

WIESBADEN

Verlag von J. F. Bergmann.

Die geehefteten Theile allein können nicht abgegeben werden.

Digitized by Google

Fortsetzung des Inhaltsverzeichnisses.

Seite

und Vertheilungsbassins, sowie der Sammelbrunnen und -Kanäle. Reinigung des Wassers. Hydraulische Widder. Schmid'sche und Kröber'sche Motoren. Vertheilung des Wassers. Bestimmung der Rohrweiten. Wandstärke der Metallröhren. Anstrich der gusseisernen Röhren. Verlegen der gusseisernen und der Thonröhren. Reinigung der Rohrleitungen. Rückschläge in Rohrleitungen. Hydranten. Streifkästen. Wassermesser. Wasserverlustanzeiger. Hausleitungen. Bleirohrleitungen. Angaben für Kostenvoranschläge über Wasserleitungsanlagen 44

Abzugskanäle in Städten 80

Kläranlagen, Rieselanlagen 89

Mauern gegen Wasserdruck 89

Längen- und Querprofil der Flüsse. Anlage von Werkskanälen und von festen Wehren. Flussbauten. Uferschutzbauten (Deckwerke). Materialbedarf und Preise von Flussbauten. Deichbauten. Fischwege. Kanalisirung von Flüssen und Anlage von Schifffahrtskanälen 91

Vergleichung der Frachtkosten auf Strassen, Eisenbahnen und Kanälen. Widerstände bei der Bewegung von Schiffen . . . 106

Ladevermögen der Schiffe, Kanal- und Schleusendimensionen. Ausgeführte Kanalisrungen und Kanalbauten. Bewegliche Wehranlagen und Schleusenbauten. Durchschleusung von Schiffen. Dimensionen von Flussschiffen. Kanalbaukosten. Berechnung des Mauerwerks in Schleusen 108

Geneigte Ebenen. Hydraulische Hebewerke 112

Fluss- und Kanalschifffahrtsbetrieb. Zugskosten. Unterhaltungskosten der Kanäle und Schiffe. Fortbewegung der Binnenschiffe 114

Notizen über Seeschifffahrtskanäle 118

Verlag von J. F. Bergmann in Wiesbaden.

Zeitschrift

für das gesammte

Local- und Strassen-Bahnwesen.

Unter Mitwirkung in- und ausländischer Fachgenossen

herausgegeben von

W. Hostmann,
Grossh. Sächs. Baurath in Hermsdorf.

Jos. Fischer-Dick,
Ober-Ingenieur in Berlin.

Fr. Giesecke,
Staatlicher Fabrikinspector in Hamburg.

Jährlich 3 Hefte à 4 Mark.

Ankündigungen über sämmtliche Bedarfs-Artikel für Strassen- und Localbahn-Bau wie Betrieb finden durch unsere Zeitschrift wirksamste Verbreitung, da Versandt an sämmtliche Interessenten bewirkt wird.

Gebühr für eine Seite Mark 36.—; für 1/2 Seite Mark 21.—; für die durchlaufende Zeile 60 Pfg.

Digitized by

I. Hydraulik.

Der Druck, den das Wasser gegen ein Flächenelement nach irgend einer Richtung ausübt, ist gleich dem Gewichte einer Wassersäule, welche die Entfernung des Schwerpunktes des Elements vom Wasserspiegel (die Druckhöhe) zur Höhe und die Projection des Elements winkelrecht zur gegebenen Richtung zur Basis hat.

Ist die gedrückte Fläche eine Ebene, so sind die, im Allgemeinen mit der Tiefe unter dem Wasserspiegel wachsenden Pressungen senkrecht zu dieser Ebene und alle gleich gerichtet; sie lassen sich also zu einem Gesammtdrucke, der Normalpressung, summiren.

Bei einer beliebigen krummen Fläche ist die Gesammtpressung allgemein nicht zu ermitteln, sondern es kann nur die Summe aller Pressungen nach irgend einer Richtung festgestellt werden; unter diesen Richtungen sind die horizontale und die verticale ausgezeichnet. Für die horizontale Druckrichtung ist die Summe aller Pressungen gleich jener einer Wassersäule von der verticalen Projection der gedrückten Fläche, multiplicirt mit dem Abstande ihres Schwerpunktes vom Wasserspiegel. Für die verticale Druckrichtung ist die Summe aller Pressungen gleich dem Gewichte der Wassermasse, welche durch die gedrückte Fläche, durch eine verticale Cylinderfläche und die Wasserspiegeloberfläche begrenzt wird.

Der Gesammtdruck, d. h. die Summe aller Normalpressungen des Wassers gegen eine ebene Fläche ist dem Drucke einer Wassersäule gleich, welche diese Ebene zur Basis und den Abstand ihres Schwerpunktes vom Wasserspiegel zur Höhe hat; er ist eine, aus den verschiedenen Pressungen gegen die Ebene hervorgehende Resultante, senkrecht gegen die Ebene und von bestimmter Richtungslinie. Der Punkt, in welchem diese Richtungslinie die ebene Fläche schneidet, heisst der Mittelpunkt des Druckes. Schwerpunkt und Mittelpunkt des Druckes liegen nie an derselben Stelle; wegen der nach unten zunehmenden Grösse des Wasserdruckes ist der Mittelpunkt des Druckes immer tiefer gelegen, als der Schwerpunkt.

Legt man, um die Coordinaten x_1, y_1 des Druckmittelpunktes zu bestimmen, die Axe der x in die Schnittlinie der gedrückten ebenen Fläche mit der freien Wasserspiegeloberfläche, jene der y an beliebiger Stelle senkrecht zur xAxe, so dass dieselbe im Allgemeinen eine Neigungslinie der Fläche und nur beim Verticalstehen der letzteren eine, zur Wasserspiegeloberfläche senkrechte Linie ist, so wird, unter y_0 die Ordinate des Schwerpunktes der ebenen Fläche F verstanden, allgemein:

$$x_1 = \frac{\int xy \,.\, dF}{F \,.\, y_0}, \qquad y_1 = \frac{\int y^2 \,.\, dF}{F \,.\, y_0}.$$

Ist die Axe der y so gelegt, dass sie zur Symmetrieaxe der Fläche F wird, so ist $x_1 = 0$; die y Axe enthält sodann Schwerpunkt und Druckmittelpunkt.

Für ein vertical stehendes Rechteck von der Höhe h, dessen obere Kante mit dem Wasserspiegel zusammenfällt, ist die Entfernung y des Druckmittelpunkts von diesem $= 2/3$ h, ist aber die obere Kante noch um die Länge e vom Wasserspiegel entfernt, so ist

$$y_1 = \frac{e^2 + eh + \frac{h^2}{3}}{e + \frac{h}{2}}.$$

Für eine vertical stehende Kreisfläche vom Halbmesser r, deren höchster Punkt gleichfalls um e vom Wasserspiegel absteht, ist

$$y_1 = \frac{r^2 + 4\,(r + e)^2}{4\,(r + e)}.$$

Fällt der höchste Punkt des Kreises mit der Wasserspiegeloberfläche zusammen, so wird $y_1 = \frac{5}{4} \,.\, r$.

Befindet sich ein in eine Flüssigkeit eingetauchter Körper im Gleichgewicht, so heben sich die horizontalen Druckkräfte, welche auf den-

Digitized by Google

selben wirken, gegenseitig auf. Die Mittelkraft aus allen Druckkräften (der Auftrieb) wirkt hierbei in verticaler Richtung, und es geht ihre Richtung durch den Schwerpunkt der verdrängten Flüssigkeit. Das Gewicht der letzteren ist gleich dem Auftrieb.

Der Druck der Luft entspricht unter mittlerer Breite bei 0° C. am Meere dem Druck einer Quecksilbersäule von 0,76^m und einer Wassersäule von 10,308^m Höhe, oder einem Druck von 1,0336 k. pro qcm.

Tabelle über den Druck einer Atmosphäre,
gemessen durch die Höhe einer Quecksilbersäule bezw. einer Wassersäule.

Pariser Zoll bezw. Fuss.	Centimeter bezw. Meter	Englische Zoll bezw. Fuss.	Oesterr. Zoll bezw. Fuss.	Preussische Zoll bezw. Fuss.	Bayerische Zoll bezw. Fuss.	Sächsische Zoll bezw. Fuss.	Württemb. Zoll bezw. Fuss.	Badische Zoll bezw. Fuss.
28	75,8	29,84	28,77	28,98	31,16	32,12	26,46	30,32
31,73	10,308	33,82	32,61	32,84	35,32	36,40	35,95	34,36

Die Spannung und Dichtigkeit der Luft ist bei constanter Temperatur der zusammendrückenden Kraft direkt, das Volumen, das sie einnimmt, dieser Kraft umgekehrt proportional.

Trockene Luft dehnt sich unter constantem Druck bei gleichem Temperaturzuwachs um gleichviel aus und zwar um 0,00367 ihres Volumens pro 1° C. Die mechanische Arbeit A, welche nöthig ist, um ein Luftvolumen V aus der Spannung p in ein Volumen V′ mit der Spannung p′ zu überführen, ist

$$A = V\ p\ \text{lognat.}\ \frac{p'}{p} = 2{,}3026\ V.\ p.\ \log.\ \frac{p'}{p};$$

— sind γ und γ' die entsprechenden Dichtigkeiten, so ist

$$A = V'\ p'\ \text{lognat.}\ \left(\frac{\gamma'}{\gamma}\right).$$

Bei den Temperaturen t und t_1, ferner bei den Barometerständen h und h_1 ist

$$\frac{V^1}{V} = \frac{\gamma'}{\gamma_1} = \frac{1 + 0{,}00367\ t_1}{1 + 0{,}00367\ t} \cdot \frac{h}{h_1}.$$

Soll aus einem Gefäss Wasser mittelst eines Hebers ausfliessen, so muss die Ausflussöffnung stets tiefer als der Wasserspiegel liegen. Die Druckkraft, welche den Ausfluss bewirkt, ist gleich dem Gewichte einer Wassersäule, welche den Abstand zwischen Wasserspiegel und Ausflussöffnung zur Höhe hat.

Ausfluss des Wassers bei constanter Druckhöhe.

1) Aus horizontaler Wand.

Wird mit w_1 die theoretische und mit w die wirkliche Ausflussgeschwindigkeit, mit F der Querschnitt der Ausflussmündung und mit A derjenige der Oberfläche des Gefässes, mit h die sogen. Druckhöhe, d. h. die Entfernung der Mündung vom Oberwasserspiegel und mit φ (= 0,96 bis 0,97) der Coëfficient bezeichnet, welcher der Reibung des Wassers an den Gefässwänden entspricht, so ist, soferne A > 10 . F:

$w_1 = \sqrt{2\,gh}$, $w = \varphi\sqrt{2\,gh}$ und das theoretische Ausflussquantum $Q = F.w$
und g für Metermaass = 9,81^m.

Der hydraulische Druck an einer beliebigen Wandstelle des Ausflussgefässes ist gleich dem hydrostatischen Druck an dieser Stelle vermindert um die Differenz der Geschwindigkeitshöhen ebendaselbst und an der Oberfläche der im Gefäss befindlichen Flüssigkeit.

2) Aus verticaler Wand.

Ist b die Breite einer rektangulären Oeffnung in dünner Wand, H der Abstand der untern und h der Abstand der obern Kante der vom Wasser angefüllten Oeffnung unter dem Wasserspiegel, so ist, wenn der Querschnitt für den Wasserzufluss mindestens zehnmal so gross ist als (H—h) . b und μ einen empirischen Coëfficienten, Q die ausfliessende Wassermenge bedeutet:

$$Q = \frac{2}{3}\,\mu b\,\sqrt{2g}\,\left\{H^{\frac{3}{2}} - h^{\frac{3}{2}}\right\}.$$

Für eine kreisförmige Oeffnung vom Radius r und dem Höhenabstand h zwischen Mittelpunkt und Wasserspiegel ist

$$Q = \mu\ r^2\ \pi\ \sqrt{2gh}\left\{1 - \frac{r^2}{32\,h^2} - \frac{5\,r^4}{1024\,h^4}\right\};$$

gewöhnlich ist $\mu = 0.65$.

Bei niedrigen rektangulären Seitenmündungen darf, so lange die Schwerpunktsdruckhöhe nicht kleiner wird als die doppelte Mündungshöhe, als mittlere Druckhöhe der Abstand des Schwerpunktes der Mündungsfläche vom Wasserspiegel angenommen werden, somit

$$Q = \mu b\ (H - h)\ \sqrt{2g\,\frac{(H+h)}{2}}.$$

Ausfluss des Wassers bei veränderlicher Druckhöhe.

Wird wie oben der Querschnitt der Mündung mit F, derjenige der Oberfläche des Gefässes mit A bezeichnet, und senkt sich der Wasserspiegel von der Höhe H auf die Höhe h (vom Gefässboden aus gemessen), so ist die hierzu erforderliche Zeit

$$t = \frac{2A}{F\sqrt{2g}}\left(\sqrt{H} - \sqrt{h}\right) = 0.452\,\frac{A}{F}\left(\sqrt{H} - \sqrt{h}\right).$$

Die Entleerung erfolgt in der Zeit

$$t_0 = 0.452\,\frac{A}{F}\sqrt{H}.$$

Diese Formeln gelten auch für das Aufsteigen des Wassers in einer communicirenden Röhre, wenn der Wasserspiegel in der anfänglich gefüllten Röhre durch weiteren Zufluss in constanter Höhe erhalten wird.

Grösse der Ausflusscoëfficienten.

Bei Oeffnungen in dünnen ebenen Wänden setzt sich der Ausflusscoëfficient μ zusammen aus dem sogenannten Geschwindigkeitscoëfficienten φ und dem sogenannten Contraktionscoëfficienten α; ersterer bezeichnet das Verhältniss der wirklichen Geschwindigkeit w zu der theoretischen Geschwindigkeit $w_1 = \sqrt{2gh}$, letzterer hängt von der Form der Ausflussöffnung ab, welche die Wasserstrahlen in convergirenden Fäden auszutreten (Contraktion) veranlasst, so dass der Querschnitt F der durch eine Oeffnung fliessenden Wassermenge in einiger Entfernung von der Oeffnung kleiner ist, als in derselben.

Bezeichnet man mit F^1 diesen kleineren Querschnitt, so ist

$$\varphi = \frac{w}{w_1}; \qquad \alpha = \frac{F_1}{F};$$

$$\mu = \varphi\ \alpha.$$

Als Widerstandscoëfficient ζ wird ferner das Verhältniss der verlorenen Geschwindigkeitshöhe $\frac{w_1^2}{2g} - \frac{w^2}{2g}$ zur effectiven Geschwindigkeitshöhe $\frac{w^2}{2g}$ bezeichnet.

$$\zeta = \frac{w_1^2 - w^2}{w^2} = \frac{1}{\varphi^2} - 1.$$

Es ist ferner die sogenannte Widerstandshöhe

$$h_1 = \zeta\,\frac{w^2}{2g}.$$

Für den Ausfluss durch Oeffnungen in dünner Wand ist im Mittel

$$\varphi = 0{,}97;\ \alpha = 0{,}64; \qquad \mu = 0{,}62, \quad \zeta = 0{,}063.$$

Für kleine Druckhöhen und Oeffnungen wird $\mu > 0{,}62$.

Bei sehr glatten und gut abgerundeten Ausflussöffnungen in horizontalen Wänden fliesst das Wasser mit einer gegenüber der theoretischen nur um 1—4% geringeren Geschwindigkeit aus.

Wasserstände über dem oberen Rande der Mündungen in Metern.	Coëfficienten der Formel: $Q = b\,(H-h)\sqrt{2g\,\frac{(H+h)}{2}}$ für Mündungshöhen in Metern						Coëfficienten der Formel: $Q = \frac{2}{3}\,b\sqrt{2g}\left\{H^{3/2} - h^{3/2}\right\}$ für Mündungshöhen in Metern						Coëfficienten der Formel: $Q = b\,(H-h)\sqrt{2g\left(\frac{H+h}{2}\right)}$ für Mündungshöhen in Metern					
	0,20	0,10	0,05	0,03	0,02	0,01	0,20	0,10	0,05	0,03	0,02	0,01	0,20	0,10	0,05	0,03	0,02	0,01
0,000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,619	0,667	0,713	0,766	0,783	**0,795**
0,010	—	—	0,607	0,630	0,660	0,701	—	—	0,622	0,644	0,667	0,704	0,595	0,618	0,642	0,687	0,720	**0,762**
0,02	0,572	0,596	0,615	0,634	0,659	0,694	0,592	0,611	0,624	0,644	0,664	0,696	0,594	0,614	0,638	0,668	0,697	**0,729**
0,03	0,578	0,600	0,620	0,638	0,659	0,688	0,594	0,612	0,626	0,643	0,662	0,690	0,593	0,613	0,637	0,659	0,685	**0,708**
0,04	0,582	0,603	0,623	0,640	0,658	0,683	0,596	0,612	0,627	0,642	0,660	0,684	0,593	0,612	0,636	0,654	0,678	**0,695**
0,06	0,587	0,607	0,627	0,640	0,657	0,676	0,598	0,613	0,629	0,641	0,658	0,679	0,594	0,613	0,635	0,647	0,668	**0,681**
0,08	0,589	0,610	0,629	0,638	0,656	0,670	0,599	0,614	0,630	0,639	0,656	0,670	0,594	0,613	0,635	0,643	0,662	**0,675**
0,10	0,592	0,611	0,630	0,637	0,654	0,666	0,599	0,615	0,631	0,638	0,654	0,666	0,595	0,614	0,634	0,640	0,657	**0,669**
0,15	0,595	0,613	0,630	0,635	0,651	0,659	0,600	0,616	0,631	0,636	0,651	0,659	0,597	0,615	0,632	0,636	0,652	**0,660**
0,20	0,598	0,615	0,630	0,633	0,648	0,655	0,601	0,617	0,630	0,633	0,648	0,655	0,599	0,615	0,630	0,633	0,649	**0,656**
0,30	0,600	0,616	0,629	0,632	0,644	0,650	0,602	0,618	0,630	0,632	0,644	0,650	0,601	0,616	0,629	0,632	0,644	**0,651**
0,40	0,602	0,617	0,628	0,631	0,642	0,647	0,603	0,618	0,629	0,631	0,642	0,647	0,602	0,617	0,629	0,631	0,642	**0,647**
0,50	0,603	0,617	0,628	0,630	0,640	0,644	0,604	0,617	0,628	0,630	0,640	0,644	0,603	0,617	0,628	0,630	0,640	**0,645**
0,60	0,604	0,617	0,627	0,630	0,638	0,642	0,604	0,617	0,628	0,630	0,638	0,642	0,604	0,617	0,627	0,630	0,638	**0,643**
0,80	0,605	0,616	0,627	0,629	0,636	0,637	0,605	0,616	0,627	0,629	0,636	0,637	0,605	0,616	0,627	0,629	0,636	**0,637**
1,00	0,605	0,615	0,626	0,628	0,633	0,632	0,605	0,615	0,626	0,628	0,633	0,632	0,605	0,615	0,626	0,628	0,633	**0,632**
1,20	0,604	0,614	0,624	0,626	0,628	0,626	0,604	0,614	0,624	0,626	0,628	0,626	0,604	0,614	0,624	0,626	0,628	**0,626**
1,40	0,603	0,612	0,621	0,622	0,622	0,618	0,603	0,612	0,621	0,622	0,622	0,618	0,603	0,612	0,621	0,622	0,622	**0,618**
1,60	0,602	0,611	0,618	0,618	0,617	0,613	0,602	0,611	0,618	0,618	0,617	0,613	0,602	0,611	0,618	0,618	0,617	**0,613**
1,80	0,601	0,609	0,615	0,615	0,614	0,612	0,602	0,609	0,615	0,615	0,614	0,612	0,601	0,609	0,615	0,615	0,614	**0,612**
2,00	0,601	0,607	0,613	0,612	0,612	0,611	0,601	0,607	0,613	0,612	0,612	0,611	0,601	0,607	0,614	0,612	0,612	**0,611**
3,00	0,601	0,603	0,606	0,608	0,610	0,609	0,601	0,603	0,606	0,608	0,610	0,609	0,601	0,603	0,606	0,608	0,610	**0,609**

Bemerkung. Diese Coëfficienten sind brauchbar, so lange b und h nicht mehr als das 20fache von einander verschieden sind. Dieselben ändern sich nicht wesentlich, wenn die Ausflussöffnung so angebracht wird, dass ihre Breite zur Höhe wird. Die Coëfficienten sind ferner auch giltig für kreisförmige und polygonale (excl. derjenigen mit einspringenden Winkeln) Oeffnungen.

Digitized by Google

Für rektanguläre verticale Seitenöffnungen in dünner Wand bei vollständiger und vollkommener Contraktion und Ausfluss in die freie Luft sind die Tabellen auf der nächsten Seite von Poncelet und Lebros über den Ausflusscoëfficienten μ durch Versuche ermittelt worden.

Partielle Contraktion.

Tritt eine Contraktion der Wasserstrahlen nicht an allen Kanten der Oeffnung ein, so findet eine unvollständige oder partielle Contraktion statt.

Wird mit p der Umfang der Oeffnung bei vollkommener Contraktion bezeichnet, mit p_1 der Theil des Umfangs, an welchem die Contraktion aufgehoben ist, z. B. wenn die Oeffnung im Gefässe bis an eine oder mehrere Seitenwände reicht, mit μ_1 der Ausflusscoëfficient für die partielle Contraktion, so ist für rektanguläre Oeffnungen im Durchschnitt

$$\mu_1 = \mu \left(1 + 0{,}155 \frac{p_1}{p}\right)$$

und für kreisförmige Oeffnungen

$$\mu_1 = \mu \left(1 + 0{,}128 \frac{p_1}{p}\right).$$

Vollkommene und unvollkommene Contraktion.

Befindet sich das Wasser vor der Ausflussöffnung in Ruhe, so findet eine vollkommene Contraktion statt, erreicht dagegen das Wasser die Ausflussstelle mit beträchtlicher Geschwindigkeit, so wird die dann stattfindende Contraktion eine unvollkommene genannt. Die durchfliessende Wassermenge ist bei letzterer eine grössere als bei Ausflussöffnungen mit vollkommener Contraktion. Ist F der Querschnitt der Oeffnung, A der Querschnitt des ankommenden Wassers und ist $\frac{F}{A} = n$, bezeichnet man ferner mit μ_n den Ausflusscoëfficienten für unvollkommene Contraktion und mit μ den betr. Coëfficienten für vollständige Contraktion, so ist

$\mu_n = \mu \left\{1 + 0{,}04564 \ (14{,}821^n - 1)\right\}$ für kreisförmige Oeffnungen,

$\mu_n = \mu \left\{1 + 0{,}076 \ (9{,}0^n - 1)\right\}$ für rektanguläre Oeffnungen.

Bezeichnet man den Faktor von μ mit x, so ergeben sich für letzteren folgende Werthe:

1) Für rektanguläre Oeffnungen.

n	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50
x	1,009	1,019	1,030	1,042	1,056	1,071	1,088	1,107	1,128	1,152
n	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00
x	1,178	1,208	1,241	1,278	1,319	1,365	1,416	1,473	1,537	1,608

2) Für kreisförmige Oeffnungen.

n	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50
x	1,007	1,014	1,023	1,034	1,045	1,059	1,075	1,092	1,112	1,134
n	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00
x	1,161	1,189	1,223	1,260	1,303	1,351	1,408	1,471	1,546	1,613

Hierbei ist vorausgesetzt, dass die Druckhöhen an Stellen gemessen werden, wo das Wasser ziemlich stille steht, andernfalls ist nach Weisbach

$$Q = \mu \ (1 + 0{,}641\, n^2)\ F \sqrt{2g \frac{H + h}{2}}.$$

Wird der Faktor von μ wieder mit x bezeichnet, so gilt nachstehende Tabelle:

n	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50
x	1,002	1,006	1,014	1,026	1,040	1,058	1,079	1,103	1,130	1,160

n darf den Werth $^1/_2$ in obiger Formel nicht übersteigen.

Digitized by Google

Bei geneigten Schützen mit zugeschärfter Unterkante, wobei jeder am Boden noch an beiden Seitenwänden eine Contraktion stattfindet, ist

$$Q = \mu F \sqrt{2g \frac{H + h}{2}}$$

und nach Poncelet der Ausflusscoëfficient μ bei einer Schützenneigung α^0

von	40	45	50	55	60
μ	0,83	0,81	0,79	0,76	0,74

Steht der Schützen vertical, so ist die ausfliessende Wassermenge unabhängig vom Gerinne, so lange der Wasserstand über der Mitte der Oeffnung

mind. 0,5—0,6^m beträgt bei Oeffnungen von 0,15—0,2^m Höhe,
« 0,3—0,4^m « « « « 0,10^m «
« 0,2^m « « « « 0,05^m «

Mündungen unter Wasser.

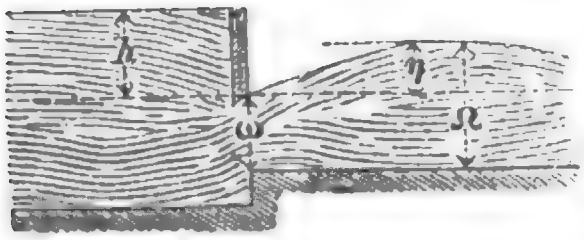


Fig. 1.

Werden mit ω u. Ω die Querschnitte an der Oeffnung und an der Stelle bezeichnet, woselbst der Abstand der oberen Kante der Oeffnung vom Unterwasserspiegel $= \eta$ ist, so ist das Ausflussquantum

$$Q = \Omega \sqrt{\frac{2g\ (h - \eta)}{1 + \left(\frac{\Omega}{\alpha\ \omega} - 1\right)^2}}.$$

α ist ein empirischer Coëfficient, dessen Werth im Mittel $= 0{,}65$ gesetzt werden darf. Ist das obere und das untere Gerinne gleich breit, so kann ohne erheblichen Fehler gesetzt werden:

$$Q = \Omega \,.\, 0{,}62 \sqrt{2g\,(h - \eta)}.$$

Sind die Schützenöffnungen beiderseits unter Wasser, so gelten dieselben Formeln.

Ausfluss bei vollkommenen Ueberfällen.

Wird mit b die Breite der Ueberfallkante, mit B die mittlere Breite des Zuflusskanals und mit H die senkrechte Entfernung des ungesenkten Wasserspiegels von der Abflusskante, mit K die Höhe der letzteren über der Flussbettsohle, mit Q die über das Wehr abfliessende sekundliche Wassermenge, mit φ der Winkel, welchen die erhöhten, vom Wasser nicht überströmten Wehrflügel mit den abwärts gelegenen Flussufern bilden, mit μ ein Ausflusscoëfficient und mit c die mittlere Geschwindigkeit des Wassers im Zuflusskanale bezeichnet, so ist bei vollkommenen Ueberfällen, bei welchen die Ueberfallkante höher liegt als der Unterwasserspiegel*):

$$Q = \frac{2}{3} \mu b \sqrt{2g} \left(\frac{H}{s_1 - s}\right) \left[s_1^{\frac{3}{2}} - s^{\frac{3}{2}}\right].$$

In dieser Formel bezeichnet s die Summe aller hydraulischen Drücke am Wasserspiegel und s_1 die Summe aller hydraulischen und hydrostatischen Drücke in der untersten Schichte an der Wehrkrone. Es ist ferner

*) S. Wex Hydrodynamik, Leipzig bei Engelmann.

Digitized by Google

$$s = \frac{c^2}{2g} + \frac{c^2}{b \cdot g}\left(\frac{B-b}{2}\right)\cos\frac{\varphi^2}{2}$$

$$\text{und } s_1 = s + \mu b \cdot H^2 + \frac{2c^2BK}{b \cdot g \cdot H}\cos\psi^2;$$

ferner ergibt sich hieraus

$$s = \frac{1}{2g}\left(\frac{Q}{B(K+H)}\right)^2\left[1 + \left(\frac{B-b}{b}\right)\cos\frac{\varphi^2}{2}\right] \text{ und}$$

$$s_1 = s + H + \frac{2BK}{b \cdot g \cdot H}\left(\frac{Q}{B(K+H)}\right)^2\cos\frac{\psi^2}{2},$$

worin ψ den Winkel angibt, unter welchem die flussaufwärts gerichtete Wehrböschung gegen die Flusssohle angelegt wurde.

Ist ein Wehr geradlinig und senkrecht zum Stromstrich angelegt somit φ und $\psi = 90^0$, so wird

$$s = \frac{1}{2g}\left(\frac{Q}{B(K+H)}\right)^2\left[1 + \left(\frac{B-b}{2 \cdot b}\right)\right]$$

$$s_1 = s + H + \frac{BK}{b \cdot g \cdot H}\left(\frac{Q}{B(K+H)}\right)^2;$$

fehlen die Wehrflügel ganz, so dass das Wasser über die ganze Wehrlänge abfliesst, so wird

$$s = \frac{1}{2g}\left(\frac{Q}{b(K+H)}\right)^2$$

$$s_1 = s + H + \frac{K}{g \cdot H}\left(\frac{Q}{b(K+H)}\right)^2.$$

In den Gleichungen für s und s_1 behält c den Werth $\frac{Q}{B(K+H)}$ nur dann, wenn die ganze Wassermenge bis unmittelbar vor dem Wehr die Geschwindigkeit c hat, andernfalls sind die hydraulischen Drücke entsprechend zu modificiren.

Ist das Wehr schief und ohne erhöhte Wehrflügel und bezeichnet φ den stumpfen Winkel, welchen die Wehrkrone mit der abwärts gerichteten Uferlinie bildet, so ist ebenfalls nach Wex

$$Q = \frac{2}{3}\mu\frac{B}{\sin\varphi}\sqrt{2g}\left(\frac{H}{s_1 - s}\right)\left[s_1^{\frac{3}{2}} - s^{\frac{3}{2}}\right]$$

$$\text{und } s = \frac{c^2}{2g}\sin\varphi^2 = \frac{1}{2g}\left(\frac{Q}{B(K+H)}\right)^2\sin\varphi^2$$

$$s_1 = s + H + \frac{2K}{g \cdot H}\left(\frac{Q}{B(K+H)}\right)^2\sin^2\varphi\cos\frac{\psi^2}{2}.$$

Die Formeln für vollkommene Ueberfälle über gebrochene und gekrümmte Wehre sind bei Wex S. 43 u. f. enthalten. Zu bemerken ist hiebei, dass bei grossen Hochwassern die vollkommenen Ueberfälle sich in unvollkommene zu verwandeln und dass die Vortheile der schiefen und gebrochenen Wehre bezüglich der Verringerung der Stauhöhe alsdann nahezu zu verschwinden pflegen.

Für Ueberfälle von 0,2^m Breite ist nach Versuchen von Lesbros

H =	0,01	0,02	0,03	0,04	0,06	0,08	0,10	0,15	0,20	0,22^m
$^2/_3\ \mu$ =	0,424	0,417	0,412	0,407	0,401	0,397	0,395	0,393	0,390	0,385

für Ueberfälle von 0,6^m Breite

H =	0,06	0,08	0,10	0,12	0,15	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60^m
$^2/_3\ \mu$ =	0,412	0,409	0,406	0,403	0,400	0,395	0,391	0,391	0,391	0,390

Bei unvollkommenen Ueberfällen, Grundwehren und bei Flussbettverengungen

wird der auf die Ausflussöffnung ausgeübte hydrostatische Druck auf das mit der Geschwindigkeit v abfliessende Unterwasser durch die Nach-

Digitized by Google

saugung des letzteren um $n \frac{v^2}{2g}$ vermindert, worin $n = 0{,}67$ anzunehmen ist. Das überfliessende Wasser $= Q$ hat man sich aus zwei Theilen Q_1 und Q_2 zusammengesetzt zu denken, von welchen Q_1 als frei in das Unterwasser (über dem Unterwasserspiegel), der Rest als unter dieser Linie ausfliessend betrachtet werden kann, so dass also $Q = Q_1 + Q_2$ zu setzen ist. Q_1 ergibt sich wie oben aus der Formel

$$Q_1 = \frac{2}{3} \mu b \sqrt{2g} \left[s_1^{\frac{3}{2}} - s^{\frac{3}{2}} \right],$$

$$\text{worin } s = \frac{c^2}{2g} \left[1 + \left(\frac{B - b}{2b} \right) \cos \frac{\varphi^2}{2} \right]$$

$$s_1 = s + H + \frac{nv^2}{2g}$$

$$Q_2 = \frac{2}{3} \mu_1 b \sqrt{2g} \left[\frac{T_1 - K - \frac{nv^2}{2g}}{s_2 - s_1} \right] \left(s_2^{\frac{3}{2}} - s_1^{\frac{3}{2}} \right)$$

$$s_2 = s_1 + \frac{2c^2 B \,.\, K \cos^2 \frac{\psi}{2}}{b \,.\, g \left(T_1 - K - \frac{nv^2}{2g} \right)},$$

worin T_1 die mittlere Tiefe des noch nicht gestauten Flusses und K die Höhe des Grundwehrs, sowie μ_1 den Ausflusscoëfficienten für den eingetauchten Theil der Ausflussöffnung bezeichnet, und die Tiefe der Wehrkrone unter dem natürlichen Wasserspiegel $= T_1 - K$ ist, im Uebrigen aber die obigen Bezeichnungen gelten. Ist der eingetauchte Theil der Ausflussöffnung nicht hoch, so ist

$$Q_2 = \mu_1 b \left(T_1 - K - \frac{nv^2}{2g} \right) \sqrt{2g \frac{s_1 + s_2}{2}}.$$

Die zuletzt angegebenen Formeln lassen sich auch zur Berechnung der Wassermengen gebrauchen, welche durch Einbauten, Buhnen, Brückenpfeiler u. dergl. verengte Profile abfliessen, wobei die Summe der Pfeilerbreiten u. s. w. = der Länge des Einbaus zu setzen ist.

Berechnung der aus Schleusenwehren und Grundschleusen abfliessenden Wassermengen, s. Wex S. 54.

Ist wiederum B die Breite des Flussbetts, b die Summe der Schützenweiten und a die Höhe, auf welche die Schützen aufgezogen werden, so ist

$$Q = \frac{2}{3} \mu_1 b \sqrt{2g} \left(\frac{a}{s_1 - s} \right) \left[s_1^{\frac{3}{2}} - s^{\frac{3}{2}} \right],$$

worin

$$s = \frac{c^2}{2g} + \frac{c^2}{4 \,.\, b \,.\, g} (B - b) + \frac{Bc^2}{4 \,.\, abg} [T_1 + H - (K + a)] + H + \frac{nv^2}{2g}$$

$$\text{und } s_1 = s + \frac{2c^2 BK}{b \,.\, a \,.\, g} \cos \frac{\psi^2}{2}.$$

Wenn die Grundschleusenschwelle im Niveau der Flusssohle liegt, wird

$$Q = \mu_1 ba \sqrt{2gs}.$$

Wenn der Unterwasserspiegel niedriger als die Oberkante der Schützenöffnung und letztere unter dem gestauten Wasserspiegel liegt, wird ebenfalls $Q = Q_1 + Q_2$ und

$$Q_1 = \frac{2}{3} \mu b \sqrt{2g} \left(\frac{a + \frac{nv^2}{2g} - T_1}{s_1 - s} \right) \left(s_1^{\frac{3}{2}} - s^{\frac{3}{2}} \right)$$

$$Q_2 = \mu_1 b \left(T_1 - \frac{nv^2}{2g} \right) \sqrt{2gs_1}.$$

Digitized by Google

Ist der hydrostatische und hydraulische Druck des Oberwassers sehr gross und die Schützenöffnung klein, oder die Wassergeschwindigkeit bezw. die Wassertiefe im Unterkanal klein, so entstehen durch das Austreten des Wassers die bekannten Wellenberge.

Beim Austreten des Wassers aus einem See in einen Kanal durch einen offenen, unvollkommenen Ueberfall vereinfachen sich obige Formeln wie folgt:

$$Q_1 = \frac{2}{3}\,\mu b\left(H + \frac{nv^2}{2g}\right)\sqrt{2g\left(H + \frac{nv^2}{2g}\right)}$$

$$Q_2 = \mu_1 b\left(a - \frac{nv^2}{2g}\right)\sqrt{2g\left(H + \frac{nv^2}{2g}\right)}$$

$$s = 0 \text{ und } s_1 = H + \frac{nv^2}{2g}.$$

Strömt aber das Wasser aus einem See durch Schleusenöffnungen in einen Kanal, woselbst der Ober-Wasserspiegel über der Oberkante der Schleusenöffnung steht und die Höhe der letzteren = a ist, so wird

$$Q = \mu_1 b \,.\, a\sqrt{2g\,.\left(H + \frac{nv^2}{2g}\right)}.$$

Ferner, wenn die Oberkante der Ausflussöffnung über dem Unterwasserspiegel und die Schleusenschwelle in der Höhe der Kanalsohle liegt

$$s = H + T_1 - a$$
$$s_1 = H + \frac{nv^2}{2g}$$
$$Q = Q_1 + Q_2 \text{ und}$$

$$Q_1 = \frac{2}{3}\,\mu b\sqrt{2g}\left[s_1^{\frac{3}{2}} - s^{\frac{3}{2}}\right]$$

$$Q_2 = \mu_1 b\left(T_1 - \frac{nv^2}{2g}\right)\sqrt{2g\left(H + \frac{nv^2}{2g}\right)}.$$

Bei Wassermessungen durch künstliche Wehre sind vollkommene Ueberfälle vorzuziehen.

Ausfluss des Wassers aus Flüssen oder Seeen in Kanäle und andere Gerinne.

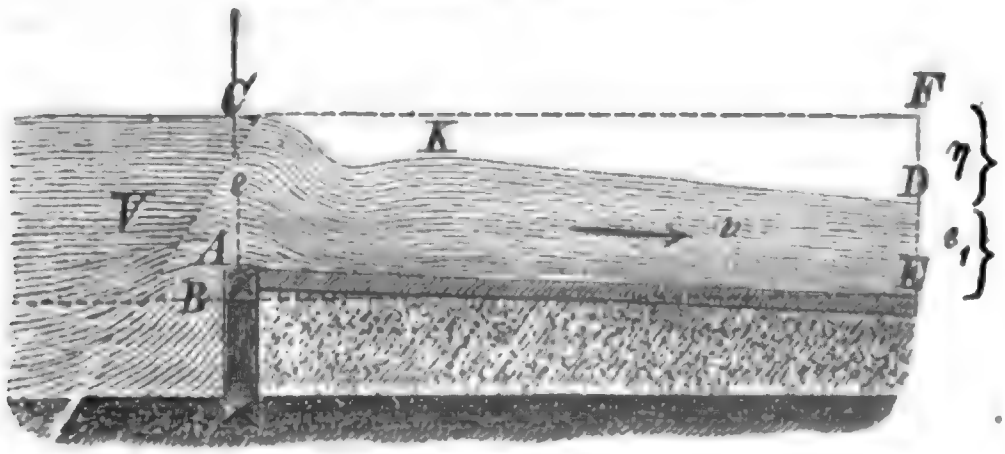


Fig. 2.

Bezeichnet v die im Profil AC erlangte mittlere Ausflussgeschwindigkeit, m einen Erfahrungs- (Contractions-) Coëfficienten, V die Geschwindigkeit, mit welcher sich das Wasser an der Kanalspitze bei A ersetzt, so ist $e - e_1 = \frac{1}{2g}\frac{v^2}{m^2} - \frac{V^2}{2g}$ oder, wenn V sehr klein ist, $e - e_1 = \frac{v^2}{2m^2g}$.

Bezeichnet ferner AE = l die Länge des Kanals bis zu der Stelle D, wo das Wasser eine gleichförmige Bewegung angenommen hat, ferner η den Höhenunterschied zwischen dem gestauten Wasserspiegel und dem Wasserspiegel im Kanal bei dem Punkt D, h_n = AB das absolute Gefäll

Digitized by Google

der Kanalsohle zwischen A und E, a die Querschnittsfläche und p den benetzten Umfang des Gerinns, so ist das relative Gefäll

$$\frac{h_n}{l} = \frac{\eta - (e - e_1)}{l}, \eta = \frac{v^2}{2m^2g} + \frac{p}{a} \cdot l \cdot \frac{v^2}{K^2},$$

worin K den Erfahrungs-Coëfficienten in der Formel $c = K\sqrt{r \cdot \alpha}$ bedeutet.

Aus obigen Formeln findet man als mittlere Geschwindigkeit, mit welcher das Wasser aus dem Profil AC in den Kanal abfliesst:

$$v = m\sqrt{2g\left[(e - e_1) + \frac{V^2}{2g}\right]}.$$

Letztere Formel ist jedoch nicht ganz richtig, da v auch noch von dem Gefälle, dem Querprofil und der Beschaffenheit der Wände in dem anstossenden Kanal bezw. von der Abflussgeschwindigkeit in demselben abhängt, welche gegenüber der Ausflussgeschwindigkeit beschleunigt oder verzögert sein kann, indem das abfliessende Unterwasser theilweise einen hydrostatischen Gegendruck, theilweise eine nachsaugende Wirkung ausüben kann.

Für das aus einer Schleusen- oder Schützenöffnung in ein kurzes Gerinne fliessende Wasser ist die oben für den Ausfluss aus Schleusen angegebene Formel zu benützen, wobei der höchste Punkt des im Gerinne gestauten Wasserspiegels als die Unterwasserhöhe und die in diesem Profil vorhandene Geschwindigkeit als die Abflussgeschwindigkeit im Profil zu betrachten ist.

Auf die Dimensionirung und das Gefälle der Werkskanäle ist nicht allein der Unterschied zwischen Ober- und Unterwasserspiegel, sondern auch die aus der Einlassschleuse zufliessende Wassermenge massgebend, wobei die Bazin'sche Formel für die mittlere Geschwindigkeit:

$$v = \sqrt{\frac{r \cdot \alpha}{a + \frac{b}{r}}}$$

zu Grunde zu legen ist.

Will man die secundlich durch eine Schleuse in einen Kanal fliessende Wassermenge bestimmen, so hat man zuerst die Abmessungen des letzteren und das Gefäll zu bestimmen, welches bei Oberkanälen von Wasserwerken gewöhnlich = 1:2000, bei Unterkanälen aber = 1:1000 angenommen wird, und nach Wex, s. Hydrodynamik S. 78, zuerst die Annahme zu machen, als flösse das Wasser aus der Schleuse frei in die Luft aus. Die so gefundenen, etwas zu grossen Werthe von Q werden schätzungsweise entsprechend vermindert, sodann in die Formeln von v und t eingesetzt, worauf durch mehrmalige Wiederholung der Rechnung der genauere Werth von Q ermittelt wird.

Vorstehende Formeln haben zur Voraussetzung, dass die Kanäle unmittelbar von den Schleusen ausgehen, also die Axe der letzteren in der Fortsetzung der Kanalaxe liegt.

Wird jedoch ein Kanal von einem Wehr unter einen spitzen Winkel ω zwischen Uferlinie und Kanalaxe abgezweigt, so sind für den Wasserabfluss aus der Schleuse in den Kanal unter der Annahme, dass kein Wasser über das Wehr abfliesst, nach Wex nachstehende Formeln zu wählen, worin t die Tiefe der Kanaleinmündungssohle unter der Wehrkrone, b die verglichene Querschnittsbreite des Kanals, K — t die Höhe des Uferstreifens, auf welchen der hydraulische Druck des im unteren Flussbettquerschnitte fliessenden Wassers ausgeübt wird, die der Nachsaugung des abfliessenden Unterwassers entsprechende Druckhöhe wie oben $= \frac{n \cdot v^2}{2g}$, endlich $t_1 - \frac{nv^2}{2g}$ die Höhe der getauchten Ausflussöffnung bezeichnet, bis zu welcher obiger Druck reicht, so findet man die durch den getauchten Theil abfliessende Wassermenge

$$q_2 = \frac{2}{3}\mu_1 b\sqrt{2g}\left[\frac{t_1 - \frac{nv^2}{2g}}{s_2 - s_1}\right]\left(s_2^{\frac{3}{2}} - s_1^{\frac{3}{2}}\right).$$

Die frei in die Luft ausfliessende Wassermenge ist wieder wie früher

$$= q_1 = \frac{2}{3}\,\mu b\sqrt{2g}\left[s_1^{\frac{3}{2}} - s^{\frac{3}{2}}\right]$$

$$\text{und } Q = q_1 + q_2,$$

worin s, s_1 und s_2 die früher gefundenen Werthe vorstellen.

Wenn die Geschwindigkeit c des im Flussbett zufliessenden Wassers sehr gering ist, was bei Stauwehren sehr häufig der Fall ist, so wird

$$s = 0,\ s_1 = t - t_1 + \frac{nv^2}{2g} \text{ und } s_2 = s_1,$$

$$\text{also } q_1 = \frac{2}{3}\,\mu b\sqrt{2g}\left(t - t_1 + \frac{nv^2}{2g}\right)^{\frac{3}{2}}$$

$$q_2 = \mu_1 b\left(t_1 - \frac{nv^2}{2g}\right)\sqrt{2g\left(t - t_1 + \frac{nv^2}{2g}\right)}.$$

Strömt ein Theil des gestauten Wassers über das Wehr ab, so dass dessen Krone um H überströmt wird und ist die Wassertiefe des Seitenkanals an der Mündung t + H, die Wassertiefe im Kanal t_1, so ist die in den Kanal frei in die Luft fliessende Wassermenge

$$q_1 = \frac{2}{3}\,\mu b\sqrt{2g}\left(t + H + \frac{nv^2}{2g} - t_1\right)^{\frac{3}{2}}$$

und die unter hydraulischem Druck ausfliessende Wassermenge

$$q_2 = \frac{2}{3}\,\mu_1 b\sqrt{2g}\left(\frac{t_1 - \frac{nv^2}{2g}}{s_2 - s_1}\right)\left[s_2^{\frac{3}{2}} - s_1^{\frac{3}{2}}\right],$$

$$\text{worin } s_1 = t + H + \frac{nv^2}{2g} - t_1 \text{ und}$$

$$s_2 = s_1 + \frac{c^2}{g}\left(\frac{K - t}{t - \frac{nv^2}{2g}}\right)\sin\omega\cos^2\frac{\psi}{2},$$

worin ψ den Böschungswinkel des Flussufers unterhalb dem Kanal bezeichnet. Ist die Zuflussgeschwindigkeit c sehr klein und die Wassertiefe unter der Kanalsohle K — t gering, so ist q_2 auch aus der Formel

$$q_2 = \mu_1 b\left(t_1 - \frac{nv^2}{2g}\right)\sqrt{2gs_1}$$

zu berechnen. Bei schiefen Wehren ändern sich die Werthe nur in geringem Maasse.

Der bei einem vollkommenen Ueberfall zu wählende Ausflusscoëfficient für über die ganze Breite des Zuflusskanals reichende Wehre werden nach einer von Wex vereinfachten Formel für Metermaass

$$\frac{2}{3}\,\mu = \alpha + \frac{\gamma}{H} + \delta\,.\,b \text{ bestimmt,}$$

worin $\alpha = 0{,}4001$, $\gamma = 0{,}0011$ u. $\delta = 0{,}00048$ anzunehmen ist, wenn die Grenzen des Faktors $\frac{H}{T}$ zwischen den Werthen 0,04066 bis 0,19669 liegen.

Wenn die überströmenden Wasserstrahlen unmittelbar unter dem Ueberfall sich nach den Seiten ausdehnen können, ist nach Francis statt b der Werth b + 0,042 H einzusetzen.

Wenn die Breite des Ueberfallwehrs b kleiner ist als diejenige des Zuflusskanals B, so wird nach Wex

$$\frac{2}{3}\,\mu = 0{,}3655 + 0{,}02357\,\frac{b}{B} + \frac{0{,}002384}{H} + 0{,}00305\,b.$$

Als Coëfficient für den Ausfluss über ein unvollkommenes Ueberfallwehr wurde von Wex für Druckhöhen von $0{,}196^m$—$0{,}341^m$ ermittelt

Digitized by Google

$$\frac{2}{3}\mu = 0{,}4001 + \frac{0{,}00316}{H} + 0{,}00048\,b \text{ und}$$

$$\mu_1 = 0{,}5274 + 0{,}00048\,b;$$

für grössere Druckhöhen

$$\frac{2}{3}\mu = 0{,}4001 + \frac{0{,}00244}{H} + 0{,}00048\,b$$

$$\text{und } \mu_1 = 0{,}5346 + 0{,}00048\,b.$$

Der Ausfluss-Coëfficient für aus Grundschleusen und Schützenöffnungen ausströmende Wassermengen

$$\mu_1 \text{ ist} = 0{,}4988 + 0{,}14965\,\frac{\sqrt{a}}{H_2 - \frac{a}{2}} + 0{,}00305\,b,$$

worin a die lichte Höhe und b die Breite der Durchlassöffnung unter dem Schützen und H_2 die Wasserstandshöhe unterhalb dem Schützen über dem normalen ungestauten Wasserspiegel bezeichnet.

Zu umfassenderen Berechnungen ist das sehr werthvolle Werk von Wex „Hydrodynamik“ (Verlag bei Engelmann in Leipzig) zu beschaffen, welches zahlreiche hierauf bezügliche Tabellen, Beispiele u. s. w. enthält, und in welchem vorstehende Formeln auf analytischem Wege näher entwickelt worden sind.

Bewegung des Wassers in Rohrleitungen.

Contraktions- und Ausflusscoëfficienten.

Für kurze cylindrische Ansatzröhren normal zur Gefässwand, welche wenigstens zweimal so lang als weit sind, ist der Contraktionscoëfficient = 1, also μ = dem Geschwindigkeitscoëfficienten, im Mittel = 0,82, und der Widerstandscoëfficient $\zeta = 0{,}505$. Bezeichnet α den Winkel der Röhrenaxe mit der Normale zur Mündungsebene, so ist

$$\zeta = 0{,}505 + 0{,}303 \sin \alpha + 0{,}226 \sin 2\alpha$$

$$\text{und } \mu = \frac{1}{\sqrt{\zeta + 1}}.$$

Bei konischen Röhren mit einem Winkel von 13° Convergenz wird $\mu = 0{,}95$ ein Maximum.

Tritt das Wasser mit unvollkommener Contraktion in die Röhren ein, was geschieht, wenn der Röhrenquerschnitt dem Querschnitt der Gefässwand nahekommt, so ist, wenn n das Verhältniss zwischen beiden ausdrückt, der Ausflusscoëfficient

$$\mu^1 = \mu\,(1 + 0{,}102 \cdot n + 0{,}067 \cdot n^2 + 0{,}046 \cdot n^3).$$

Reibungswiderstände in der Rohrleitung.

Ist H die wirksame Druckhöhe für eine Rohrleitung, d die Lichtweite, l die Länge derselben, w die mittlere Geschwindigkeit des Wassers, so besteht die Beziehung:

$$H = \left(1 + \zeta + \lambda \cdot \frac{l}{d}\right) \frac{w^2}{2g}$$

Dabei ist: ζ ein empirischer Coëfficient für den Eintritt des Wassers in die Leitung, welcher bei gut abgerundeten Mündungen, wie sie in der Regel angewendet werden, den Zahlenwerth 0,08 annimmt, im Mittel aber = 0,5 gesetzt zu werden pflegt.

λ ein empirischer Coëfficient, welcher dem Reibungswiderstand in der Rohrleitung entspricht.

Ist $w < 2$ Meter, so können die ersten zwei Glieder der rechten Seite obiger Gleichung ohne erheblichen Fehler, besonders bei längeren Leitungen, vernachlässigt werden. Es wird dann einfacher:

$$H = \frac{\lambda \cdot l \cdot w^2}{2g \cdot d} = \frac{c \cdot l \cdot Q^2}{d^5}, \quad \text{oder } d = \sqrt[5]{\frac{c \cdot l \cdot Q^2}{H}},$$

wenn statt w der identische Werth $\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot d^2}$ geschrieben, $g = 9{,}81$ gesetzt und unter Q die pro Secunde durch die Leitung fliessende Wassermenge verstanden wird.

Digitized by Google

Die letztere Formel ist bei den Anwendungen die zweckmässigste Die Zahlenwerthe von c werden:

nach Dupuit: $c = 0{,}0025 = \left(\frac{1}{20}\right)^2$,

« Weissbach: $c = 0{,}001180 + \frac{0{,}000693 \cdot d}{\sqrt{Q}}$,

« Darcy: $c = 0{,}001641 + \frac{0{,}000042}{d}$,

« Hagen: $c = 0{,}0019481 + \frac{d\,(0{,}000007475 - 0{,}000000340\,t + 0{,}00000000936 \cdot t^2)}{Q}$

wobei t die Temperatur des Wassers in Reaumur'schen Graden bezeichnet.

In Frankreich wird meistens die von Levy entwickelte Formel $v = k\sqrt{\frac{H}{l}}$ angewendet, worin $\frac{H}{l}$ das Gefäll und v die Geschwindigkeit des Wassers in der Rohrleitung, k aber einen Coëfficienten bezeichnet, welcher bei gebrauchten Röhren $= 20{,}5\sqrt{\frac{d}{2}\left(1 + 3\sqrt{\frac{d}{2}}\right)}$ und bei neuen gusseisernen Röhren $= 36{,}4\sqrt{\frac{d}{2}\left(1 + \sqrt{\frac{d}{2}}\right)}$ anzunehmen ist.

Für die gewöhnlich vorkommenden Temperaturverhältnisse bei Wasserleitungen sind die der Temperaturveränderung entsprechenden Aenderungen von c ohne jede Bedeutung, selbst wenn man die Hagen'sche Formel als vollkommen richtig annehmen wollte, was in Rücksicht auf den entschieden zu grossen ersten Zahlenwerth für den Coëfficienten c unthunlich ist; das Minimum von c müsste nämlich hiernach 0,0019481 sein, während thatsächlich beobachtete Werthe bei weiten Leitungen 0,0013 ergeben.

Unter allen genannten Formeln ist keine, welche dem Rauhigkeitsgrade der Innenwand einer Rohrleitung Rechnung trägt; sie sind deshalb sämmtlich unvollkommen. Für reine Leitungen von 0,025 bis zu 0,500^m Lichtweite gibt jene von Darcy die zuverlässigsten Werthe, weil seine Beobachtungen an Röhren dieser Dimensionen gemacht wurden; für grössere Lichtweiten sind von Darcy keine Beobachtungen angestellt worden.

Legt man für glatte Röhren bis zu 50^{cm} die Darcy'schen, für grössere Lichtweiten die amerikanischen Erfahrungen (Fanning, a treatise of water supply) zu Grunde, so ergibt sich folgende Tabelle für den Coëfficienten c:

d	c	d	c	d	c	d	c	d	c	d	c
0,025	0,0033	0,100	0,0021	0,300	0,0018	0,500	0,0016	0,700	0,0014	0,900	0,0013
0,050	0,0025	0,200	0,0019	0,400	0,0017	0,600	0,0015	0,800	0,0014	1,00	0,0013

Nach Versuchen von H. Smith in N.-Bloomfield, welche an auf der inneren Fläche noch nicht inkrustierten gezogenen schmiedeisernen kleineren und an grösseren Röhren aus genietetem Eisenblech von 0,013—0,375^m Durchmesser angestellt wurden, würde sich der obige Coëfficient λ bestimmen lassen aus der Formel

$$\lambda = 0{,}0132 + \left(0{,}009 + \frac{0{,}00014}{d}\right)\frac{1}{\sqrt{w}}.$$

Für stark inkrustierte Leitungen fand Smith

$$\lambda = 0{,}0258 + 0{,}009 + \left(\frac{0{,}00014}{d}\right)\frac{1}{\sqrt{w}}.$$

Knauff hat aus den Kutter'schen Formeln für die Bewegung des Wassers in neuen eisernen Rohrleitungen nachstehende Formeln abgeleitet:

für $d < 0{,}5^m$ $\qquad v = \frac{58 \cdot d\sqrt{J}}{\sqrt{d + 0{,}5}}$

$d > 0{,}5^m$ $\qquad v = \frac{53 \cdot d\sqrt{J}}{\sqrt{d + 0{,}5}}$

Digitized by Google

ferner für Abflussleitungen aus glasirten Thonröhren.

Volllaufend	Nicht volllaufend
$v = \frac{57 \cdot d \sqrt{J}}{\sqrt{d} + 0{,}513}$	$v = \frac{114\ R \sqrt{J}}{\sqrt{R} + 0{,}2565}$

Zur Bestimmung der Weiten von Wasserleitungen und Kanälen werden neuerdings sehr praktische Tabellenwerke angewandt, nämlich

1) die von A. Frank in München verfassten logarithmo-graphischen Tabellen, sowie

2) die graphische Darstellung der Bewegung des Wassers in Flüssen und Kanälen von W. Kutter in Bern.

Für die Bestimmung des Druckverlustes in unreinen Leitungen gibt es kein allgemein gültiges Gesetz. Die Inkrustation der Rohrwände ist bei der Wahl der Lichtweite einer Rohrleitung durch Vergrösserung des Durchmessers um das von den Niederschlägen später eingenommene Maass zu berücksichtigen. Man soll insbesondere bei kleinen Lichtweiten den Zuschlag zum Durchmesser reichlich wählen. Durch Vergrösserung des Coëfficienten c einer Inkrustation Rechnung zu tragen ist unmotivirt und führt zu ganz unrichtigen Resultaten.

Bei 19—25 Jahre alten, theilweise innen nicht getheerten Rohrleitungen des Hamburger Wasserwerks fand sich der Mittelwerth für c bei 0,102^m Durchmesser um das 23fache, desgleichen bei 0,152^m Durchmesser um das 16fache, bei 0,305^m Durchmesser um das 6fache und bei 0,508^m Durchmesser um das 3½fache grösser, als sich nach der Darcy'schen Formel für reine Leitungen ergeben hätte. Zu bemerken ist, dass das in den Leitungen enthaltene Elbewasser sich nicht durch besondere Reinheit auszeichnet. Der bedeutende Einfluss des Rohrdurchmessers auf die Widerstände durch Verengungen in Folge von Inkrustationen und dergl. sowie der hohe Werth der zeitweisen Streifung, namentlich der engeren Röhren geht aus den letztgenannten Ziffern deutlich hervor. Die hohen Werthe der bei den Hamburger Versuchen gefundenen Reibungscoëfficienten müssen übrigens als Ausnahmen bezeichnet werden und dürfen z. B. bei Quellwasserleitungen, satt getheerten Röhren von guter Qualität des Eisens und bei nicht zu harten, namentlich nicht ocker- und gypshaltigen Wassern nicht in Rechnung gezogen werden, auch da nicht, wo die Röhren regelmässig gestreift werden. Dagegen empfiehlt es sich z. B. entsprechende Zuschläge zu den Lichtweiten für Röhren, welche Kanalwasser auf Rieselfelder zu leiten haben, zu machen. Knollenbildungen von Eisenoxydhydrat und dergl. ist durch gute Theerung möglichst vorzubeugen.

Dem mit der Zeit vermehrten Rauhigkeitsgrade in einer Rohrleitung kann durch Vergrösserung des Coëfficienten c auf das 1½- bis 2fache genügend entsprochen werden. Unter Umständen, namentlich bei solchen Leitungen, durch welche das Wasser nach höher gelegenen Reservoirs gedrückt wird, kann es sich empfehlen, ältere, stark inkrustirte durch neue Leitungen zu ersetzen, sobald der Kraftverlust in Folge der Reibungswiderstände im Rohr etc. die Umlegungskosten compensirt.

Bei geschlossenen Rohrleitungen, welche in welligem Terrain mit Krümmungen nach oben angelegt werden, darf der Berechnung der Rohrweiten nicht das ganze geodätische Gefäll von der Abfluss- bis zur Ausflussstelle, sondern nur das Gefäll zu Grunde gelegt werden, welches sich durch Verbindung des Abflusspunktes mit dem höchsten Scheitelpunkt der Leitung ergibt, falls letzterer Punkt über der Verbindungslinie zwischen Ein- und Ausfluss liegen sollte. Wenn die Leitung übrigens so angelegt wird, dass zugleich eine saugende Wirkung in den unteren Leitungsstrecken sich ausbilden kann, so darf die Rohrweite dementsprechend ermässigt werden.

In dem Aufsatz von Forchheimer: „Ueber Rohrnetze“ (siehe Zeitschr. deutscher Ingen. v. 1889, H. 16 u. 18), in welchem mit Q die durch einen Rohrstrang täglich durchlaufende Wassermenge in cbm und mit q die bei künstlicher Hebung des Wassers oder bei natürlichem Zufluss sekundlich (im Jahresmittel) durchfliessende grösste Wassermenge in cbm, h der Druckhöhenverlust und v die Durchströmungsgeschwindigkeit in m und mit d die Rohrweite, mit l die Rohrleitungslänge bezeichnet wird, werden als Grundformeln angeführt:

$$d = 0{,}3 \sqrt[5]{\frac{l}{h}}\, q^2 = 1{,}128 \sqrt{\frac{q}{v}},$$

$$h = 0{,}00243 \frac{q^2}{d^5} l = 0{,}0015 \frac{l}{d} v^2,$$

$$q = 20{,}3 \sqrt{\frac{d^5 h}{l}},$$

$$v = 1{,}27 \frac{q}{d^2}.$$

Ueber die Bestimmung der Rohrweiten siehe Wasserbau, Abschnitt „Wasserversorgungswesen".

Verzweigung von Rohrleitungen.

Der Querschnitt der Hauptrohrleitung d muss = den Querschnitten d_1, d_2 etc. der von ihr direkt ausgehenden Zweigleitungen sein, d. h. es muss sein

$$d = \sqrt{d_1^2 + d_2^2 + \text{etc.}}$$

Wenn von einem Hauptstrang von der Weite d zwei Hauptstränge von kleinerer Lichtweite d_1 und d_2 sich gabelnd abzweigen und der Winkel, welchen diese Stränge einschliessen, $= 2\alpha$ ist, so erreichen die Kosten der Anlage ein Minimum für $\cos \alpha = \frac{d_1}{2d_2}$. Wo man unter ein bestimmtes Maass für d_1 nicht heruntergehen kann, wird man zuweilen $d_1 = d_2$ machen. Bei gleicher Strömungsgeschwindigkeit muss $d_1 = d_2 \sqrt{2}$ werden, und der Gabelungswinkel 2α = zwischen 120^0 und 90^0 liegen.

Geht aber der Hauptstrang d in gleicher Weite geradlinig weiter, sodass d_1 und d_2 als Seitenstränge wirken, so wird α am zweckmässigsten $= 90^0$ angenommen, bei einer Theilung in drei untereinander gleich weite Zweige dagegen $\alpha = 70^0$, für eine einzige Abzweigung wird α zwischen 65^0 und 90^0 zu wählen sein.

Richtungsveränderungen, Verengungen.

Beim Durchgang des Wassers durch gekrümmte Röhren berechnet sich der Druckverlust h_2, wenn β den Centriwinkel, r den Halbmesser der Krümmung und $\frac{d}{2}$ die halbe Rohrweite bezeichnet,

nach Weissbach $$h_2 = \zeta_2 \frac{v^2}{2g} \cdot \frac{\beta}{180^0},$$

und es ist ζ_2 aus nachstehender Tabelle für cylindr. Röhren zu entnehmen:

$\frac{d}{2 \cdot r} =$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
$\zeta_2 =$	0,131	0,138	0,158	0,206	0,294	0,440	0,661	0,977	1,408	1,979

Nach den heute üblichen Regeln der Technik ist der Krümmungsradius des Rohres stets grösser, als die Lichtweite der Röhre, meist 5—10mal so gross. Die eben gedachte Widerstandshöhe wird desshalb meist sehr gering und kann, besonders in Rücksicht auf den mehr oder weniger nur annähernd richtigen Coëfficienten c, vernachlässigt werden.

Reibungswiderstände in Röhren mit veränderlichem Querschnitt.

Die hierfür gültige Formel ist nach Grashof

$$h = \zeta d^4 \frac{v^2}{2g} \int_{l_1}^{l_2} \frac{dx}{y^5 \cos \varphi},$$

worin ζ den Widerstandscoëfficienten bezeichnet, desgl. d den Durchmesser der Ausmündung, l die Röhrenlänge (des Rohrkegels), v die Ausflussgeschwindigkeit, φ den halben spitzen Winkel, der durch die Tangenten an einem Röhrenquerschnitt eingeschlossen wird, y den Durchmesser an einer beliebigen Stelle des Rohres, x dessen Abstand von der Mündung, h die Widerstandshöhe, t die Temperatur des Wassers, endlich für einen Durchmesser y und eine Geschwindigkeit u nach Hagen

$$\zeta = A + \frac{B}{u \cdot y}.$$

(A ist im Allgem. = 0,023577 u. $B = 0{,}000\,11519 - 0{,}000\,00419\,t + 0{,}000\,000\,9229\,t^2$.

Widerstände durch Verengungen.

Geht die Geschwindigkeit w_1 des Wassers beim Uebergang vom Röhrenquerschnitt F_1 in den Querschnitt F in w über, so ist $F\,w = F_1\,w_1$ und die verlorene Druckhöhe $h = \frac{(w_1 - w)^2}{2g}$,

$$h = \left(\frac{F}{F_1} - 1\right)^2 \frac{w^2}{2g} = \zeta_1 \frac{w^2}{2g}; \qquad \zeta_1 = \left(\frac{F}{F_1} - 1\right)^2.$$

Beim Durchgang des Wassers durch Schieber, Hähne, Kegelventile etc. entsteht ein Verlust an Druckhöhe $h = \zeta_1 \frac{w2}{2g}$.

Bei Schiebern und Hahnen wechselt der Coëfficient ζ_1 vom ganz offenen bis zum ganz geschlossenen Zustande von $0 - \infty$ und ist so sehr von der Construction dieser Maschinentheile abhängig, dass allgemeine gültige Werthe nicht anzugeben sind. Da man überdies weder bei Berechnung des Durchmessers, noch bei Berechnung des Ergebnisses oder des Druckverlustes einer Rohrleitung einen Schieber ganz oder theilweise geschlossen unterstellen wird, in praxi aber die richtige Schieberstellung nie anders als durch Probiren ermittelt, haben diesbezügliche Rechnungen für den ausführenden Ingenieur auch keinen Werth.

Bei Kegelventilen ist

$\zeta_1 = \left(1{,}045\,\frac{F}{F_1} - 1\right)^2$, wenn F_1 den Querschnitt der Röhre im Ventilsitz und F den Querschnitt der Röhre bezeichnet. Die Erhebung des Ventils muss hierbei mindestens = der halben Weite des Ventilsitzes sein.

Bei Klappenventilen ist

$\zeta_1 = \left(\frac{F}{aF_1} - 1\right)^2$, worin F und F_1 dieselben Querschnitte wie in Vorstehendem bezeichnen, a aber aus nachstehender Tabelle zu entnehmen ist.

Oeffnungs-Winkel.	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°	50°	60°	70°
a =	0,178	0,210	0,250	0,289	0,342	0,394	0,458	0,524	0,670	0,811
ζ =	90	62	42	30	20	14	9,5	6,6	3,2	1,7

Auch diese Widerstandshöhen sind bei vollkommenen Constructionen ohne Bedeutung gegenüber dem Gesammtwiderstande in einer längeren Leitung bezw. der Unsicherheit in Bezug auf die richtige Wahl des Coëfficienten c. Wenn aber derartige Ventile nicht gefedert sind, bezw. durch die Bewegung des Wassers im Rohre schwebend erhalten werden müssen, so verursachen sie durch ihr Eigengewicht manchmal Widerstandshöhen von grossem Belang. Nennt man V das Volumen eines solchen Ventiles, γ_1 das specifische Gewicht des Materiales, aus welchem dasselbe hergestellt ist, so ist dessen Gewicht unter Wasser $(\gamma_1 - \gamma)$. V und die dadurch veranlasste Pressung im Rohrquerschnitt entspricht einer Wassersäule von der Höhe h:

$$h = \frac{4\,(\gamma_1 - \gamma) \cdot V}{\gamma \cdot \pi \cdot d^2}.$$

Bezeichnet man im Allgemeinen die Summe aller besonderen Widerstände in einer Röhrenleitung von der Länge L mit z, so ergibt sich der Gesammtwiderstand, welcher gleich der wirksamen Druckhöhe H sein muss, mit:

$$H = z + \frac{c \cdot Q^2 \cdot l}{d^5}$$

und wenn, wie dies in der Regel bei bedeutender Länge l unbedenklich geschehen kann, z gegenüber dem zweiten Theile des auf der rechten Seite stehenden Ausdruckes vernachlässigt wird:

$$H = \frac{c \cdot Q^2 \cdot l}{d^5}, \quad Q = \sqrt{\frac{H \cdot d^5}{c \cdot l}}, \quad d = \sqrt[5]{\frac{c \cdot Q^2 \cdot l}{H}}.$$

Angaben über Wasserleitungs-Anlagen.

Bei Leitungen, welche an n gleichweit von einander liegenden Zweigstellen Wasser abgeben und an der letzten Stelle überdies noch ein Wasserquantum q zum Weitertransporte führen müssen, ist, wenn die letzte Zweigstelle in der Entfernung L = nl vom Anfange der Leitung gerechnet, abliegt, und m Cubikmeter Wasser unterwegs vertheilt werden:

$$Q = m + q,$$

$$H = \frac{c \cdot L}{d^5} \cdot \left\{ m^2 \left(\frac{1}{3} + \frac{1}{2n} + \frac{1}{6n^2} \right) + 2mq \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{2n} \right) + q^2 \right\}.$$

Ist die Anzahl der Theile n sehr gross, so verschwinden die Glieder mit $\frac{1}{n}$ und $\frac{1}{n^2}$ und es wird:

$$H = \frac{c \cdot L}{d^5} \cdot \left[\frac{m^2}{3} + mq + q^2 \right].$$

Ist überdies, wie beim Verästelungssystem, q = o, so wird:

$$H = \frac{c \cdot m^2 \cdot L}{3 \cdot d^5}.$$

Wird also vom Anfange bis zum Ende einer Leitung ein Wasserquantum m gleichmässig durch eine grosse Anzahl von Abzweigungen vertheilt, so beträgt der Druckverlust nur den dritten Theil dessen, der entstehen würde, wenn das Quantum m vom Anfange zum Ende der Leitung ohne Zwischenabgabe durchgeleitet werden müsste.

Bezeichnet bei künstlicher Wasserhebung h die Differenz zwischen dem Saugwasserspiegel und dem Wasserspiegel des Ablieferungsortes, B die Leitungswiderstandshöhe, entsprechend dem Druckverluste im Saugrohr und Druckrohr, z die vorläufig abgeschätzte Summe aller besonderen Widerstandshöhen, so ist der erforderliche Nutzeffect der Kraftmaschine um per Secunde Q Cubikmeter Wasser an den Ablieferungsort zu fördern, in Pferdestärken:

$$N = \frac{1000}{75} \cdot Q \cdot (h + z + B).$$

Versteht man ferner:

1) Unter a_1 die jährlichen Kosten einer Nutzpferdestärke, entstehend aus dem Kohlenverbrauche, welche, wenn pro Stunde und Pferdestärke Nutzleistung k Kilogramm Kohlen verbraucht werden, n Stunden per Tag gearbeitet wird, und m Mark pro Kilogr. Kohle (auf den Rost gelegt) in Anschlag zu bringen sind, 365 . m . n . k Mark betragen.

2) Unter a_2 die jährlichen Kosten aus dem Aufwande für Talg, Oel, Verpackungs- und Verdichtungsmaterial nebst zugehöriger Arbeit, für Anschaffung und Anbringen von Ersatztheilen, für Reparaturen etc. pro Nutzpferdestärke.

3) Unter a_3 den jährlichen Aufwand pro Nutzpferdestärke aus Verzinsung und Amortisation für den Anschaffungspreis von Maschinen und Kesseln und für die Herstellung der Gebäude, des Kesselmauerwerks und des Schornsteins.

4) Unter a_4 den jährlichen Aufwand aus Verzinsung und Amortisation eines Meters Rohrleitung, deren Lichtweite 1^m beträgt (die

Digitized by Google

Kosten eines Meters Rohrleitung von 1^m Lichtweite, complet sammt Grabarbeiten, Verdichtung etc. etc. betragen z. Z. rund 80 Mk., a_4 würde also bei 6% Verzinsung und Amortisation ca. 4,8 Mk.), so ist die zweckmässigste Lichtweite der Druckleitung:

$$D = \sqrt[6]{\frac{200 \cdot (a_1 + a_2 + a_3) \cdot c \cdot Q^3}{3 \cdot a_4}} = \varepsilon \cdot \sqrt{Q}.$$

Innerhalb der practischen Anwendungen schwankt der Zahlenwerth von ε gewöhnlich zwischen 1,4—1,8, was einer Geschwindigkeit im Rohre von 0,4—0,7^m entspricht. Die Lichtweite ist unabhängig von der absoluten Förderhöhe und der Länge der Druckleitung, vorzugsweise abhängig von dem zu fördernden Wasserquantum.

Graphische Bestimmung der Druckverluste in Rohrleitungen.

Von Otto Spiess, Ingenieur in Basel.

Mit einer auf der Rückseite der „Uebersicht der pro qkm abfliessenden Wassermengen“ gedruckten Tafel. Seite 34.

Die Bestimmung des Druckverlustes in Rohrleitungen durch Reibung des Wassers an den Rohrwänden kann nach den Tabellen von Darcy, Weissbach u. A., und zwar in einfachen Fällen unmittelbar, bei schwierigeren Fragen aber durch wiederholtes Versuchen gelöst werden. Die folgende Methode gibt weitere allgemeine Lösungen auf unmittelbarem Wege an. Unter Wassermenge ist in Nachstehendem der in der Zeitsecunde sich ergebende Ausfluss verstanden.

1. Der einfache Rohrstrang (s. Fig. 1 u. 2).

Der mit vier Steigröhren versehene Strang $A_1B_1C_1 — E_1$ soll mit Wasser gefüllt, die Wasserstandlinie A_4E_4 horizontal sein. Lässt man nacheinander die Mengen $q_1 — q_2 — q_3$ etc. ausströmen, so sinken die Wasserspiegel in den Steigröhren, so dass die Drucklinie die neuen Lagen A_4E_2, A_4E_3 etc. einnimmt, d. h. um den Drehpunkt A_4 schwenkt. Die Drucklinie nebst dem geometrischen Längenprofile des Stranges bilden zusammen „das hydraulische Längenprofil“ des jeweiligen Strömungszustandes. Trägt man an irgend einem Piezometer, bei jedem Wasserstande die entsprechende Wassermenge als Abscisse auf, so erhält man „das hydraulische Querprofil“ Fig. 2 der betreffenden Stelle. Wenn man in der Entfernung Eins $= 100^m$ von der Quelle die procentischen Gefällsverluste (s. die Tabellenwerthe) der Wassermengen q_1, q_2 bis q_{12} aufträgt, und von der Quelle aus Strahlen hindurchzieht, so erhält man die Drucklinien eines jeden Strömungszustandes. Aus den Längenprofilen erhält man durch Projection die Querprofile oder umgekehrt. Die Querprofile tragen die nämliche Bezeichnung, wie die zugehörigen Rohrstränge. — Im Punkte a_1 schneidet das Querprofil den Horizont, daher wird hier die Abscisse $H_1a_1 — q$ maximum.

2. Der zusammengesetzte Strang (Fig. 3—5).

Wenn ein und dieselbe Wassermenge q_1 nacheinander die Stränge A, B, C durchläuft, so summiren sich die Gefällsverluste $z_1 + z_2 + z_3$. Indem man die Querprofile A — B — C der einzelnen Stränge Fig. 4 summirt, entsteht Fig. 3.

Das Querprofil des Piezometers No. 1, als Curve A für $x = q_1$; $y_1 = z_1$
« « « « « 2, « « A + B für $x = q_1$; $y_2 = z_1 + z_2$
« « « « « 3, « « A + B + C für $x = q_1$;
$y_3 = z_1 + z_2 + z_3$.

Trägt man die Werthe z_1, $z_1 + z_2$ u. s. w. auf den entsprechenden Piezometern auf, so ist $F_1G_1H_1J_1$ die Drucklinie des Strömungszustandes q_1 und F_1MNE die Drucklinie der Maximalströmung $Y_0E_0 = q$ max., indem man die Schnittpunkte E_0, E_1 und E_2 projicirt. Wenn man die gleichen

Digitized by Google

Stränge A, B u. C in der Reihenfolge C, A, B aufstellt, so ist F_1KLJ_1 die neue Drucklinie.

Regel: Beim Zusammensetzen von Rohrsträngen addirt man die zu gleichen Abscissen q_1, q_2 gehörenden Ordinaten, d. h. die, gleichen Wassermengen entsprechenden, Gefällsverluste.

3. Vereinigung von zwei Quellen (Fig. 5—7).

Im Gabelpunkte S, der Vereinigungsstelle der zwei Quellen R_1 und R_2, ist der Piezometer P, sowie eine Vorrichtung S_3 errichtet, um daselbst Wasser seitlich ausströmen zu lassen. An die vereinigten Quellstränge A und B schliesst sich der Strang C an, der mit dem Schieber S_4 an der Entnahmestelle M endigt. Zuerst bestimmt man die einer jeden Wassermenge q_1 entsprechende Druckhöhe am Gabelpiezometer P und betrachtet dann dieselbe als ein die beiden Quellen ersetzendes Wasserbecken mit veränderlicher Höhenlage.

Man zeichne die Querprofile A und B der gleichnamigen Stränge und schwenke die Curve + B um 180°. Die durch die Curven + A und + B und — B eingeschlossene Fläche ist dann das hydraulische Querprofil des Zusammenflusses.

Wenn alle Seitenöffnungen geschlossen sind, so fliesst nur Wasser aus der Hochdruckquelle in die Niederdruckquelle — in dem Maasse ab, als man den seitlichen Erguss anwachsen lässt; nimmt das Ueberfliessen ab, dann kommt der Uebergangszeitpunkt, in welchem die Niederdruckquelle zu wirken anfängt, bis dann beide gleichzeitig sich ergiessen.

Die folgende Zusammenstellung erläutert die Zeichnungen.

Piezometerstand.	Längenprofil.	Lieferung der Hochdruck-Quelle.	Lieferung der Niederdruck-Quelle.	Erguss in die Niederdruckquelle.	Ausfluss am Seitenschieber S_3.
Sd_{16}	$R_1d_{16}R_2$	$a_{16}h_{16} = 5$	0	$a_{16}h_{16} = 5$	0
Sd_{13}	$R_1d_{13}R_2$	$a_{13}h_{13} = 8$	0	$b_{13}h_{13} = 3{,}4$	$a_{13}b_{13} = 4{,}6$
Sd_{10}	$R_1d_{10}R_2$	$a_{10}b_{10} = 10$	0	0	$a_{10}b_{10} = 10{,}00$
Sd_4	$R_1d_4R_2$	$a_4b_4 = 13{,}5$	$h_4b_4 = 5$	0	$a_4b_4 = 18{,}5$
Sd_0	$R_1d_0R_2$	$a_4h_0 = 15{,}2$	$h_0b_0 = 6{,}3$	0	$a_0b_0 = 21{,}5$

Wenn sich an die Gabel ein Strang C anschliesst, so bestimmt man die Druckverluste am Ende derselben nach den Regeln des §. 2, d. h. man fügt zu dem Druckverluste $d_{18}a_{10}$ an der Gabel noch den Druckverlust der Strecke C $a_{10}d_6$ für ein und dieselbe Wassermenge hinzu und erhält alsdann Punkt d_6 einen Punkt des hydraulischen Querprofiles A + B + C für den Endschieber S_4 (Fig. 7).

Regel: Beim Zusammenflusse zweier Quellen addirt man algebraisch die gleichen Druckhöhen entsprechenden Mengen.

4. Das Kreisnetz (Fig. 8—13).

Wenn die beiden Quellen im gleichen Niveau liegen, so gilt die bisherige Construction. Lässt man an der Gabel S_0 (s. d. Fig. 8) die Wassermenge $q_1 + r_1$ ausfliessen, so erfolgt dies unter dem Druck S_0H_1, mit dem Druckprofile QH_1R, die beiden Quellen liefern hierbei die Theile q_1 und r_1 (s. Fig. 9 oder Fig. 10). Wenn, ohne an der Quellhöhe noch an den Rohrlängen etwas zu ändern, die Quellen einander genähert werden, bis sie zusammenfallen, so liegt der Fall vor, dass von einem Punkte zwei Stränge ausgehen, welche sich später wieder vereinigen, für welchen Fall somit obige Construction noch angewandt werden kann.

In Fig. 11 schliesst sich an den Strang A ein Kreisnetz B und C an. Im Trennungspunkte E, sowie im Wiedervereinigungspunkte H_0 sind die Piezometer E_1 und H_02 errichtet. Lässt man am Schieber S eine Wassermenge q_1 ausströmen, so kommt dieselbe an der Gabel unter dem Drucke $EH_3 = H_0H_3$ an. Hier tritt Spaltung ein. Demnach construirt

man in H_3 die zwei Strangprofile B und C, transformirt dieselben zu B + C (Fig. 12) und zieht P_1P_3 wobei $H_1P_1 = H_3P_3 = q_1$. Es spaltet sich hier q_1 in die Theilströme $H_1D_1 = C_1$ und $D_1P_1 = b_1$ unter dem Drucke H_0H_3 und wird im Punkte H_0 unter dem Drucke H_0H_1 wieder vereinigt. Das entsprechende Längenprofil hierzu ist QH_3H_1. Zur Bestimmung des Maximums kehrt man die Curven um (Fig. 13) und erhält alsdann $H_2P_2 = q$ max. mit dem Längenprofile QH_2H_0, die Maximaltheilströme sind $C_2 10 b_2$.

5. Druck-Wassermenge und mechanische Arbeit (Fig. 1 u. 29).

Am Ende S eines einfachen geschlossenen Rohrstranges $A_1B_1C_1$ bis E_1 (Fig. 1) werde ein Loch gebohrt und so weit ausgerieben, dass per Secunde eine Wassermenge q_1 ausfliesst. Es stellt sich alsdann die Drucklinie A_4E_3 ein, am Rohrende ist E_4E_3 = dem Gefällsverlust und E_1E_3 = die Piezometerhöhe, bis zu welcher der Wasserstrahl frei aufsteigt. Die Geschwindigkeit im Rohr nimmt nun die Grösse $D^2 \frac{\pi}{4} \times V = q$ an.

Die Ausflussgeschwindigkeit geht aus der Gleichung $u = \sqrt{2g \times E_1E_3}$ hervor und das Bohrloch, bezw. die Schieberöffnung erhält somit den Querschnitt $\omega \times u = q$. Die mechanische Arbeit des ausströmenden Wassers ist $= D^2 \frac{\pi}{4} \times E_1E_3 \times V = q \times E_1E_3$. Wenn man bei einer 1000 m langen Leitung, die den Durchmesser $D = 0{,}3^m$ und die Druckhöhe $H = 25^m$ hat, der Ausflussöffnung nach und nach zunehmende Werthe gibt, bis das Maximum des Ausflusses erreicht wird, sodann die obigen Werthe ausrechnet und nach Art der Fig. 29 graphisch aufträgt, so erhält man ein Bild aller vorkommenden Erscheinungen, aus welchen folgende besonders hervorzuheben sind:

a) Bei geschlossenem Rohr herrscht am Ende das Maximum des Druckes mit dem Minimum der Geschwindigkeit;

b) bei ganz, bezw. soweit geöffnetem Rohr, dass die grösste Geschwindigkeit im Rohr auftritt, wird das Minimum des Druckes und das Maximum des Wasserausflusses erreicht;

c) bei einer mittleren Schieberöffnung α bei einer Geschwindigkeit des Wassers von $1{,}5^m$ erhält man das Maximum der mechanischen Arbeit.

Je nachdem man durch eine Wasserleitung ein Maximum an Druck bezw. an Wassermenge oder mechanischer Arbeit gewinnen will, hat man die entsprechenden Geschwindigkeiten herbeizuführen.

6. Anwendung obiger Sätze.

In den Figuren 14—27 ist ein Beispiel durchgeführt, in welchem zwei Consumstellen S_1 und S_2 (die Dörfer Bassecourt und Berlincourt im Bernischen Jura) von einer gemeinsamen Quelle gespeist werden, und woselbst jede der Entnahmestellen ein piezometerartig eingeschaltetes Reservoir besitzt. — Die am gemeinsamen Hauptstrange gelegenen Ortschaften beziehen ihren Durchschnittsbedarf unmittelbar aus der Quelle, nur der Ueberschuss an Wasser steigt zu den Reservoirs hinauf und fliesst von diesen aus in's Freie. Ueberschreitet in irgend einem Zeitpunkt die augenblickliche Wasserentnahme die mittlere, so treten die Reservoirs sogleich in Thätigkeit, so dass die Zwischenstation bedeutende Mengen beziehen kann, ohne dass die Endstation hiervon berührt wird. In der Figur ist gezeigt, wie stark in jedem Falle sich die Quelle und jedes der beiden Reservoirs an der Wasserabgabe betheiligen. Näheres hierüber ist in dem bezüglichen Aufsatze des Verfassers im Journal für Gas- und Wasser-Fachleute 1887 nachzulesen.

Die Fig. 28 gibt eine Skizze über die Wasserversorgung des Dorfes Riehen bei Basel, woselbst vom Verfasser drei in verschiedenen Höhen gelegene Quellen vereinigt und durch zwei verschieden hoch gelegene Reservoirs ausgenutzt wurden.

Digitized by Google

Bewegung des Wassers in Flüssen und Kanälen.

Vom Herausgeber.

Wird mit Q die Wassermenge in cbm, mit F der Durchflussquerschnitt bei der gleichförmigen Bewegung des Wassers in Flüssen und Kanälen bezeichnet, so nennt man den Quotienten $\frac{Q}{F} = v$ die mittlere Geschwindigkeit des Wassers. Jener Umfang des Wasserquerschnittes, welcher nicht mit der freien atmosphärischen Luft in Berührung steht, heisst benetzter Umfang p und der Quotient aus dem Wasserquerschnitte F durch diesen benetzten Umfang $r = \frac{F}{p}$ heisst die mittlere hydraulische Tiefe oder der Profilradius. Ist h das Gefälle der Wasserspiegeloberfläche auf die Länge l, so ist $\frac{h}{l} = \alpha$ das Gefälle pro Längeneinheit. Zwischen den genannten Grössen besteht nach allgemeinen Annahmen die Beziehung:

$$v = k \cdot \sqrt{r \cdot \alpha}$$

Eytelwein nimmt k konstant zu 50,9 an (für Metermaass), während der Coëfficient von der Geschwindigkeit und der Art des Bettes abhängig ist, wie aus der auf Seite 104 mitgetheilten Tabelle zu ersehen.

Bazin setzt

$$v = \sqrt{\frac{r \cdot \alpha}{a + \frac{b}{r}}} \text{ (gut für } r < 0{,}6 \text{ m!)},$$

wobei a und b empirische Coëfficienten sind, deren Werth im Mittel bei

1) Kanälen in sorgfältig gehobeltem Holz oder in Cement:
$a = 0{,}00015,\ b = 0{,}0000045;$
2) Kanälen in Backsteinen, Quadern oder ungehobeltem Holz:
$a = 0{,}00019,\ b = 0{,}0000133;$
3) Kanälen in Mauerwerk von Bruchsteinen:
$a = 0{,}00024,\ b = 0{,}00006,$
4) Kanälen in Erde:
$a = 0{,}00028,\ b = 0{,}00035.$

Sasse führt für r die Wassermengencurventiefe ein. Die Messungen von Humphreys und Abbot am Mississippi gaben Veranlassung zur Aufstellung neuerer Formeln, bei denen die Reibung am benetzten Umfange als wesentlicher Factor auftritt. Die Messungen und Originalformeln dieser Ingenieure sind theils nicht genau genug, theils zu umständlich, besser anwendbar die Formel von Ganguillet und Kutter welche diese Beobachtungen berücksichtigen, danach ist

$$v = \left[\frac{23 + \frac{0{,}00155}{\alpha} + \frac{1}{n}}{1 + \left(23 + \frac{0{,}00155}{\alpha}\right)\frac{n}{\sqrt{r}}} \right] \cdot \sqrt{r \cdot \alpha} = K \cdot \sqrt{r \cdot \alpha}.$$

Für den Rauhigkeitscoëfficienten n gelten folgende Werthe:

1) $n = 0{,}010$ für Kanäle von sorgfältig gehobeltem Holz und von glatter Cementverkleidung.
2) $n = 0{,}012$ für Kanäle aus Brettern.
3) $n = 0{,}013$ desgl. aus behauenen Quadersteinen oder gut ausgefugten Backsteinen.
4) $n = 0{,}017$ desgl. aus Bruchsteinmauerwerk.
5) $n = 0{,}025$ desgl. in Erde, sowie für Bäche und Flüsse.
6) $n = 0{,}030$ für Gewässer mit groben Geschieben und mit Wasserpflanzen.

Messungen an der oberen Donau und deren Seitenflüssen (Gebirgsflüsse) ergaben $n = 0{,}0226$ bis $0{,}0284$. Bei den neuen Elbmessungen hat sich herausgestellt, dass der Werth von n zunimmt trotz der Abnahme des

Digitized by Go

Korns in dem Geschiebe, daher die Coëfficienten nur mit Vorsicht zu gebrauchen sind namentlich, wenn Einbauten im Flussbett vorhanden; ausserdem scheint n in ein und demselben Querschnitt mit der Tiefe zu wachsen, oder auch noch von dem Gefälle abhängig zu sein; (s. d. Hannov. Ztg. f. Ing. u. Arch. von 1885, S. 621, worin dem Coëfficienten in überhaupt eine andere Bedeutung als derjenigen eines blossen Rauhigkeitscoëfficienten zugesprochen wird, s. ferner Zeitschr. für Bauwesen 1886, Heft 10—12.)

Die ältere Kutter'sche Formel, welche bei nicht zu geringem Gefälle, etwa $\alpha > 0{,}0005$, sehr gute Resultate ergiebt, leitet sich aus der Fomel $v = k\sqrt{r\,\alpha}$ her, in dem darin für k ein Ausdruck für den Rauhigkeitscoëfficienten gesetzt wird. Sie lautet:

$$v = \frac{100\sqrt{r}}{n + \sqrt{r}}\sqrt{r \cdot \alpha}.$$

Für n geben Kutter und Grebenau folgende Werthe an:

Kategorie.	Form des Gerinnes.	Beschaffenheit der Kanalwände und Sohle.	Rauhigkeitscoëfficient. n
I.	halbkreisförmig	Reiner, glatter Cement	0,12
II.	rechtwinklig	Reiner Cement u. sehr sorgfältig gehobeltes Holz	0,15
III.	«	Gut gefügte Bretter	0,20
IV.	«	Gewöhnliche rauhe Bretter, sorgfältig hergestelltes Backstein- und rein gearb. Quader-Mauerwerk	0,25
V.	«	Ordinäres Backsteinmauerwerk u. Bohlenwände	0,35
VI.	«	Gewöhnl. Mörtelmauerwerk von gespitzten Steinen	0,45
VII.	«	Bestochenes Bruchsteinmauerwerk, Sohle etwas mit Schlamm bedeckt	0,55
VIII.	«	Rauhmauerwerk mit schlammiger Sohle . . .	0,75
IX.	«	Aelteres Mauerwerk, moos- und pflanzenfrei mit schlammiger Sohle	1,00
X.	trapezförmig	In felsigem Boden, Sohle unter 1,50^m breit, wenig Wasserpflanzen	1,25
«	«	Sehr regelmässig, sauber ausgeführter Erdkanal ohne Pflanzen	1,50
XI.	«	In Erde mit schlammiger oder steiniger Sohle mit wenig Wasserpflanzen, Sohle über 2,0^m breit	1,75
«	«	Mangelhaft erhaltenes, mit Moos und Pflanzen bedecktes Trockenmauerwerk und schlammiger Sohle; Sohle nicht über 1,50^m breit .	2,00
«	«	Erdkanal mit ziemlich vielen Wasserpflanzen, Sohle nicht über 1,50^m breit; Bäche und Flüsse, wie die Seine, die Weser, der Linthkanal . .	2,00
XII.	«	Erdkanal mit vielen Wasserpflanzen, schlecht unterhalten, mit schlammiger Sohle, unter 1,50^m breit. Gewässer mit Geschieben, wie der Rhein oberhalb des Bodensee's	2,50

In nicht mit den obigen genau übereinstimmenden Fällen müssen mit Rücksicht auf die Längenentwicklung der Sohle und Böschungen und auf die verschiedene Rauhigkeit derselben die nachstehenden Coëfficienten der einen oder andern Kategorie entsprechend genähert werden.

Bemerkung. Bei geschiebeführenden Bächen und Flüssen fand Grebenau die Coëfficienten der Kategorieen X—XII nicht mehr zuverlässig. Für Gewässer mit Gefällen unter 0,0005 sind die Werthe nicht mehr anzuwenden.

Digitized by Google

r in Metern.	Werthe des Coëffic. k in der Formel $v = k\sqrt{r.\alpha}$.											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
0,01	45,5	40,0	33,3	27,0	23,2	18,2	15,2	12,2	9,7	7,6	5,6	3,9
0,03	59,0	53,6	46,4	39,0	33,1	27,8	23,6	19,4	15,7	12,4	9,4	6,6
0,05	65,1	59,9	52,9	45,3	39,0	33,2	28,6	23,7	19,4	15,5	11,8	8,4
0,07	68,8	63,9	57,0	49,5	43,1	37,1	32,1	26,9	22,2	17,8	13,7	9,8
0,10	72,5	67,8	61,2	53,9	47,5	41,3	36,1	30,5	25,4	20,6	15,9	11,5
0,11	73,2	68,6	62,1	54,9	48,5	42,3	37,1	31,4	26,2	21,3	16,5	11,9
0,12	74,0	69,5	63,1	55,9	49,5	43,3	38,0	32,3	27,0	22,0	17,1	12,3
0,13	74,7	70,3	64,0	56,9	50,5	44,3	39,0	33,2	27,8	22,7	17,7	12,8
0,14	75,5	71,2	65,0	57,9	51,5	45,2	39,9	34,1	28,6	23,4	18,3	13,7
0,15	76,3	72,0	65,9	58,9	52,5	46,2	40,9	35,0	29,4	24,1	18,9	13,3
0,16	76,8	72,5	66,5	59,6	53,2	46,9	41,6	35,6	30,0	24,6	19,3	14,0
0,17	77,3	73,2	67,1	60,3	53,9	47,6	42,3	36,3	30,6	25,2	19,8	14,4
0,18	77,8	73,7	67,8	60,9	54,7	48,3	43,0	36,9	31,2	25,7	20,2	14,7
0,19	78,3	74,3	68,4	61,6	55,3	49,1	43,7	37,6	31,8	26,3	20,7	15,3
0,20	78,8	74,9	69,0	62,3	56,1	49,8	44,4	38,3	32,4	26,8	21,1	15,5
0,25	80,4	76,7	71,1	64,7	58,6	52,3	47,0	40,8	34,8	28,9	22,9	17,0
0,30	82,0	78,5	73,2	67,0	61,0	54,9	49,5	43,2	37,1	31,0	24,7	18,4
0,35	83,0	79,7	74,6	68,6	62,7	56,7	51,3	45,0	38,8	32,6	26,1	19,5
0,40	84,0	80,8	76,0	70,1	64,4	58,4	53,0	46,7	40,4	34,1	27,5	20,6
0,45	84,8	81,7	77,0	71,3	65,7	59,8	54,4	48,1	41,8	35,4	28,6	21,6
0,50	85,5	82,5	77,9	72,4	66,9	61,1	55,8	49,5	43,2	36,7	29,7	22,5
0,55	86,0	83,2	78,7	73,3	67,9	62,2	57,0	50,7	44,4	37,8	30,7	23,3
0,60	86,6	83,8	79,5	74,2	68,9	63,3	58,1	51,8	45,5	38,9	31,7	24,1
0,65	87,0	84,3	80,1	74,9	69,7	64,2	59,0	52,8	46,4	39,8	32,5	24,8
0,70	87,5	84,8	80,7	75,6	70,5	65,1	59,9	53,8	47,4	40,7	33,4	25,5
0,75	87,9	85,2	81,2	76,2	71,2	65,8	60,7	54,6	48,2	41,5	34,2	26,2
0,80	88,2	85,6	81,7	76,8	71,9	66,5	61,5	55,4	49,0	42,3	34,9	26,8
0,85	88,5	86,0	82,2	77,4	72,5	67,2	62,2	56,2	49,8	43,1	35,6	27,4
0,90	88,8	86,4	82,6	77,9	73,0	67,8	62,9	56,9	50,5	43,8	36,2	28,0
0,95	89,0	86,7	83,0	78,3	73,5	68,4	63,5	57,6	51,2	44,4	36,9	28,6
1,00	89,3	87,0	83,3	78,7	74,0	69,0	64,1	58,2	51,8	45,0	37,5	29,1
1,50	—	—	—	—	—	—	—	—	56,1	49,4	41,7	32,9
2,00	—	—	—	—	—	—	—	—	60,3	53,7	45,9	36,7
2,50	—	—	—	—	—	—	—	—	62,7	56,2	48,4	39,1
3,00	—	—	—	—	—	—	—	—	65,0	58,7	50,9	41,5
3,50	—	—	—	—	—	—	—	—	66,7	60,4	52,7	43,3
4,00	—	—	—	—	—	—	—	—	68,3	62,1	54,5	45,0
4,50	—	—	—	—	—	—	—	—	69,5	63,4	55,9	46,4
5,00	—	—	—	—	—	—	—	—	70,6	64,8	57,3	47,8
5,50	—	—	—	—	—	—	—	—	71,6	65,8	58,4	49,0
6,00	—	—	—	—	—	—	—	—	72,5	66,8	59,5	50,1

(Weitere die Rechnung vereinfachende Tabellen sind in Rühlmann's Hydromechanik 1888, Seite 413—417 enthalten.)

Hagen stellt 2 Formeln auf: für Gräben in Erde wobei $\alpha \leqq 0{,}001$ $r \leqq 0{,}20$ m ist: $v = 4{,}9\, r\sqrt[5]{\alpha}$; für Flüsse und Ströme dagegen $v = 3{,}34\sqrt{r}\sqrt[5]{\alpha}$

Harder, dessen Formel verhältnissmässig gute Resultate geliefert haben soll, trennt den Coëfficienten k der Formel $v = k\sqrt{r.\alpha}$ in $k = k_1 + k_2\sqrt{r}$ und giebt für k folgende Werthe an:

1. Kanäle mit sehr glatten Wänden $k = 70{,}5 + 7{,}254\sqrt{r}$
2. « « glatten Brettern oder glattem Mauerwerk $k = 56{,}0 + 7{,}254\sqrt{r}$
3. « « in Erde oder rauhem Bruchsteinmauerwerk $k = 36{,}27 + 7{,}254\sqrt{r}$.

Alle diese Formeln setzen wenigstens annähernd regelmässig ausgebildete Profile und nahezu gleichmässige Geschwindigkeit der Wasserläufe in nicht zu kurzen Strecken voraus; wo diese Bedingungen nicht vorhanden sind, werden die Resultate mehr oder weniger ungenau und bedarf es der directen Messung, auch scheint es unrationell, ein und dieselbe Formel sowohl für kleine Bäche als für grosse Ströme zu benutzen.

Nach den Beobachtungen von v. Wagner und Oberbaurath Schmid soll sich die Ganguillet-Kutter'sche Formel am besten bewährt haben.

Das Verhältniss der mittleren Geschwindigkeit v des ganzen Flussquerschnittes zur grössten Oberflächengeschwindigkeit v max ist fast bei allen Gewässern verschieden und wechselt mit den Wasserständen; eine allgemeine brauchbare Formel ist dafür bis jetzt noch nicht vorhanden.

Die Hagen'sche Annahme $v = \frac{6}{7} v_{max}$ = rd. 0,85 v_{max} trifft im Allgemeinen bei Flüssen und Strömen zu, ist auch durch die Sasse'sche Veröffentlichung in der Allgem. Bauzeitung 1888 — woselbst $v = 0{,}75\ v_{max}$ als häufig wiederkehrender Näherungswerth gefunden — wohl nicht als unbedingt widerlegt zu bezeichen.

Für die Geschwindigkeiten in einer Vertikalen eines Stromprofils giebt Sasse an: 1. wenn die Meistgeschwindigkeit im Wasserspiegel liegt $c = \frac{1}{3}(2\ cm + c_3)$, worin c = mittl. Geschw., cm = Meistgeschw. und c_3 = Bodengeschw., alle in derselben Vertikalen; 2. wenn Meistgeschwindigkeit um a unter Wasserspiegel $c = \frac{1}{3}(2\ cm + c_3) + a\ \frac{c_a - c_3}{3t}$ worin noch c_a = Wasserspiegelgeschwindigkeit, t = Bodentiefe.

Die Messungen innerhalb des Flussbetts sind von denen des Ueberschwemmungsgebiets zu trennen.

Grebenau fand in kleineren Gewässern $v = 0{,}67\ v_{max}$, noch andere Angaben $v = 0{,}80$—$0{,}92\ v_{max}$, für den Rhein bei Strassburg $v = 0{,}872\ v_{max}$; ähnlich von Wagner an der Weser $v = 0{,}855\ v_{max}$. Stabschwimmer geben das Verhältniss in der Regel zu gross an! Vergl. Bürkli's Messungen an der Rhone und Limmat. Leidlich passende Resultate ergiebt die von Wagner'sche Formel $v = 0{,}67\ v_{max} + 0{,}027\ v \frac{2}{v_{max}}$. Nach Harlacher war an der Elbe bei Tetschen für normales Wasser $v = 0{,}65\ v_{max}$, für Hochwasser $v = 0{,}75\ v_{max}$. Derselbe bestimmte das Verhältniss der Oberflächen- zur mitteren Geschwindigkeit in einer Verticalen zu 0,83 bis 0,87, im Mittel zu 0,85. Die letztere Verhältnisszahl fand auch Bürkli bei Flügelmessungen in der Rhone, bei Genf und in der Limmat. Wird nun für jede Messung die Curve der Oberflächengeschwindigkeit der ganzen Strombreite nach gezeichnet und die von dieser Curve und der zugehörigen Abscissenaxe eingeschlossene Fläche durch die Wasserspiegelbreite dividirt, so erhält man das wahre Mittel der Oberflächengeschwindigkeit und mittelst obiger Verhältnisszahl dann auch die mittlere Profilgeschwindigkeit eines Flusses.

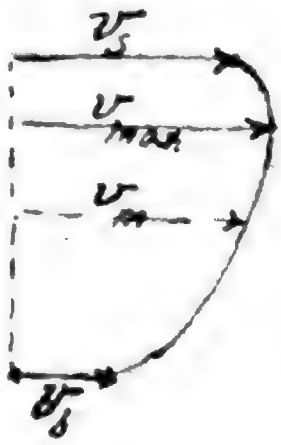
Darcy u. Bazin haben für verschiedene Tiefen und Wandbeschaffenheiten nachstehende Tabelle über die Werthe von $v : v_{max}$ aufgestellt.

r in Meter.	Werthe von $\frac{v}{v_{max}}$								r in Meter.
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	
0,03	0,80	0,74	0,62	—	0,85	0,82	0,77	0,65	0,30
0,06	0,83	0,78	0,67	0,51	0,85	0,83	0,80	0,71	0,60
0,09	0,83	0,79	0,70	0,54	—	—	0,80	0,74	0,90
0,12	0,84	0,80	0,72	0,56	—	—	0,80	0,75	1,20
0,15	0,84	0,81	0,74	0,58	—	—	0,81	0,76	1,50
0,18	0,84	0,81	0,75	0,60	—	—	0,81	0,77	1,80
0,21	0,84	0,82	0,76	0,62	—	—	—	0,77	2,10
0,24	0,85	0,82	0,76	0,63	—	—	—	0,78	2,4—3,3
0,27	0,85	0,82	0,77	0,64	—	—	—	0,79	3,6—6,0

Die I. Kategorie besteht aus sehr glatten Profilen, welche aus Cement ohne Sand oder aus sauber gehobeltem Holz hergestellt sind, die II. aus glatt geschafftem Mauerwerk, Beton oder Brettern, die III. aus sauberem Bruchsteingemäuer, die IV. aus Kanälen in Erde.

Digitized by Google

Relation between Max., Mean & Bottom Velocities in a Vertical.



v_s = Surface velocity in a Vert.

v_{max} = max. " " "

v_m = Mean " " "

v_b = bottom " " "

I). When $v_s = v_{max}$, or max. vel. at Surf. then $v_m = \frac{2 v_{max} + v_b}{3}$; and taking $v_m = 0.8\, v_{max}$, there follows :— $v_b = \frac{v_{max}}{2.5}$

" $= \frac{5}{6} \cdot v_{max}$ " " " " " $\frac{v_{max}}{2}$

" $= \frac{3}{4} \cdot v_{max}$ " " " " " $\frac{v_{max}}{4}$

" $= \frac{7}{10} \cdot v_{max}$ " " " " " $\frac{v_{max}}{10}$

II). When $v_{max} > v_s$ and is located at depth (h) below surface, total depth being (t), we have $v_m = \frac{2 v_{max} + v_b}{3} + \frac{h}{3t}(v_s - v_b)$; and placing in succession $v_s = 0.9\, v_{max}$, $v_m = 5/8, 8/10, 3/4, \times 7/10\, v_{max} = m\, v_{max}$, and $\frac{h}{t} = 1/5, 1/4 \times 1/3 = n$, we get :—

$$v_b = \frac{3m - (2 + 0.9n)}{1 - n} \cdot v_{max} = \alpha \cdot v_{max}$$

where (α) has the values :—

n	$m = 5/6$	$m = 8/10$	$m = 3/4$	$m = 7/10$
$1/5 = 0.2$	0.400	0.275	0.0875	negative
$1/4 = 0.25$	0.367	0.233	0.0333	"
$1/3 = 0.33$	0.300	0.150	negative	"

Digitized by Google

We thus see that the bottom velocity varies from 1/2 to 1/12 V_{max}, or 1/3 to 1/8 V_m; and probably the same relation holds for entire cross section.

Bazin, p. 47 distribution of velocities, 1875, states that in artificial canals we have $V_b = 3/4$ to 1/2 V_{max}, the difference $(V_{max} - V_b)$ increasing with the roughness of the channel surface. In natural water courses said difference $(V_{max} - V_b)$ is about $\frac{V_{max}}{3}$, or $V_b = 2/3\ V_{max}$, and occasionally $= 1/2\ V_{max}$

Digitized by Google

Weitere Mittheilungen über die Werthe der Formeln finden sich in „Hydrologische Untersuchungen an den öffentlichen Flüssen im Königreich Bayern vom Oberbaurath Schmid", woselbst die Lavale'schen Untersuchungen mitgetheilt werden.

Die Tiefe der mittleren Geschwindigkeit soll sich nach Hagen in $^4/_9$ des Abstandes vom Wasserspiegel vorfinden und lässt sich aus der Parabel für die Verticalgeschwindigkeit (verticale oder horizontale Axlage) bestimmen.

Nach den Geschwindigkeitsmessungen von Schmid am Inn, der oberen Donau u. s. w. wurde das Verhältniss der Tiefe der mittleren Geschwindigkeit zur Gesammttiefe zu 0,59 ermittelt und schwankte zwischen 0,5 und 0,816.

Werden die seitherigen Bezeichnungen zu Grunde gelegt, so ist die Ordnung der Verticalparabel $n = 1 + 4{,}8 \sqrt[12]{\frac{t}{v_{max}}}$. für $\frac{t}{v_{max}} < 2{,}5$ muss der erhaltene Werth noch mit dem Faktor $0{,}818 \sqrt[4]{\frac{t}{v_{max}}}$ multiplicirt werden. Die Ordnung der Horizontalparabel ergibt sich durch Substitution des Werthes $\frac{b}{2 \cdot v_{max}}$ an Stelle von $\frac{t}{v_{max}}$, wobei vorausgesetzt ist, dass das aufgetragene Flussprofil in ein Rechteck von gleichem Flächeninhalt und von der Breite b verwandelt wird. Dann ist die mittlere Geschwindigkeit $v = \frac{n}{n+1} \times \frac{m}{m+1} \cdot C$, worin $C = 23 \sqrt[36]{b^{4} t^{17} \alpha^{16}}$.

Geschwindigkeitsmessungen.

a. Instrumente.

1. Schwimmer. Für Oberflächengeschwindigkeit sollen Schwimmer nicht über 0,30 m bei grössern Gewässern (bei Bächen 6—10 cm) eintauchen und über Wasser durch die Luftbewegung nicht beeinflusst werden. Flaschen und beschwerte Stöckchen möglichst senkrecht zu führen; besser Kugeln oder kreuzförmig aus Zinkblech hergestellte Schwimmer, letztere durch Korkstück über Wasser gehalten. Recht grelle Färbung der über Wasser stehenden Theile bei geringer Fläche geboten! Ueber Ermittelung der mittleren Geschwindigkeit des Gesammtquerschnitts daraus siehe oben. Für beliebige Tiefen: Doppelschwimmer, der untere an dem kleineren an Wasseroberfläche befindlichen aufgehangen; wirken jedoch stets ungenau. Für mittlere Verticalgeschwindigkeit: Schwimmstab (Cabeau'scher Stab), senkrechte Lage bis möglichst auf Flusssohle erforderlich. Messungen mit Stabschwimmer sind ungenauer wie die mit Oberflächenschwimmer, nur in ganz regelmässiger Sohlenausbildung einigermassen brauchbar. Fehlerquellen: Stoss des Wassers und zu geringe, nicht den Boden erreichende Längendimension des Stabes. Runder, möglichst nicht über 2 cm Durchmesser betragender Querschnitt ist dem Rechteck vorzuziehen. Francis giebt als Correctur den Coëfficienten an: $R = 1{,}0 - 0{,}116 \left[\frac{t - t_1}{2t} - 0{,}1\right]$, wobei t = Wassertiefe, t_1 = Tauchtiefe des Stabes. Schwimmermessungen erfordern ein auf mindestens 300 m möglichst regelmässig ausgebildetes Profil und genaue Beobachtung der Durchgangszeit (event. mittelst Theodolit, um festzustellen, ob Schwimmer auch in demselben Abstand vom Ufer bezw. in derselben Geschwindigkeit wie bei Anfang der Messungen sich bewegen). Mittlere Geschwindigkeit in einer Vertikalen etwa 0,85 der mit Stabschwimmer gemessenen.

2. Hydrometrische Röhren. Der längere Schenkel vertikal der kürzere horizontal. Durch letzteren tritt das Wasser in die Röhre und treibt in dem vertikalen Schenkel die Wassersäule dem Stoss des Wassers entsprechend in die Höhe (Darcy-Pitot'sche Röhre). Gute Resultate, so lange der vertikale Schenkel unverrückbar festgehalten werden kann, erfordert sehr genaue und zahlreiche Versuche, um aus dem Ueberdruck den Coëffizienten für die Geschwindigkeit zu finden! Wichtig für Sohlengeschwindigkeitsmessungen. Die von Frank verbesserte Röhre bestimmt die mittlere Geschwindigkeit in einer Ver-

Digitized by Google

tikalen durch eine einzige Messung. Der in einer geschlitzten, also offenen, mit dem Schlitz dem Strome zugewendeten Röhre auftretende hydraulische Druck wird durch die in einem zweiten, mit dem ersteren in Verbindung stehenden Rohre eingeschlossene Luft auf einen Manometer übertragen und an letzterem die Geschwindigkeit unmittelbar abgelesen, s. Deutsche Bauzeitung 1888, S. 609. Die Röhre wird von Falter & Sohn in München zum Preise von 70 Mk. geliefert. Auf demselben Prinzip beruht auch der Frank'sche Oberflächengeschwindigkeits-Messapparat, welcher besonders zu Hochwassermessungen zu gebrauchen ist und etwa 30 Mk. kostet.

3) Woltmann'scher Flügel mit Zählvorrichtung.

Für Geschwindigkeiten bis 1,5 m noch für grössere Tiefen gut verwendbar. Das Zugseil für die Einrückvorrichtung sollte durch Oesen an der Rückseite der Haltestange befestigt sein, damit der Strom das Seil nicht vorzeitig straff spannt; bei grosser Geschwindigkeit wird die Beobachtungsdauer ungenau durch den beim Anspannen und Loslassen dieses Seils eintretenden Zeitverlust. Des Woltmann'sche Flügel ist wegen seiner einfachen Einrichtung und seines bequemen Transportes noch jetzt ein durchaus empfehlenswerthes Messinstrument, namentlich, wenn die Schaufeln nach Schraubenflächen geformt sind. Genaue und wiederholte Konstantenbestimmung erforderlich. Die verbesserte Einrückvorrichtung (wie beim Amsler'schen Flügel), wobei durch den ersten Zug das Zählwerk eingerückt und selbstthätig festgehalten, durch einen zweiten Zug wieder gelöst wird, lässt die Anwendbarkeit auch für grössere Tiefen und Geschwindigkeiten zu, wenn für sichere Befestigung der Haltestange gesorgt wird. Der Aufstau des Wassers am Boote wird durch Befestigung an einem über das Vordertheil ausgekragten Brette oder durch Anwendung von 2 gekuppelten Booten unwirksam gemacht. Preis 60—100 Mark.

4) Flügel mit Schallvorrichtung. Zuerst durch von Wagner in „Hydrologische Untersuchungen" etc. beschrieben (vgl. Wochenblatt für Architekten und Ingenieure S. 479, Jahrg. 1882).

Ein auf der Flügelwelle befindliches Hämmerchen schlägt auf einen nach oben geführten Draht und lässt die Schläge jeder Umdrehung dem Beobachter hörbar werden.

Noch einfacher, wenn Hammer an einer Feder sitzt, welche durch den Daumen der Flügelwelle ausgerückt wird. Der Hammer schlägt dann direct an die Haltestange, welche am besten aus Gasrohren von 2—2,5 cm Stärke hergestellt wird. Hammer und Feder kann mit einem Gehäuse umschlossen werden. Der Apparat functionirt selbst bei Tiefen bis 8 m durchaus zuverlässig. Uebung im Zählen ist erforderlich. Er kann auch an einer fest eingesteckten Stange vertikal bewegt werden zur Ausführung von Integrationsmessungen. S. unten. Zur Vermeidung der Drehung aus der Stromrichtung entweder ein Ruder an der Führung des Apparates oder ein vertikaler Schlitz in der Röhre in welcher ein Zapfen am Apparat eingreift, ähnlich wie beim Harlacher'schen Flügel. Preis 150—200 Mark.

5) Flügel von Amsler mit elektrischer Leitung.

Der Apparat hängt an einem Drahte und wird durch ein unterwärts befestigtes starkes Gewicht senkrecht gehalten; bei hundert Flügelumdrehungen ertönt ein Glockensignal; ein Ruder stellt den Apparat stets in die Stromrichtung ein.

Der Transport wird durch das Gewicht erschwert; die Einrichtung ist ziemlich komplizirt und das Aufstellen erfordert die Bewegung zahlreicher Schrauben. Die das Wasser benutzende Leitung versagt leicht, wenn Unreinigkeiten auf dem Taster im Wasser sich niederschlagen. Das Instrument zeichnet sich durch eine ausserordentlich genaue Arbeit aus und ist, wenn einmal aufgestellt, in nicht zu grosser Strömung selbst bei bedeutenden Tiefen auch für Integration sehr brauchbar (vgl. den Artikel im Wochenblatt f. Baukunde zu 4). Preis etwa 500 Mark.

6) Flügel von Harlacher mit elektrischer Leitung.

Bei dem Harlacher'schen Glockenapparat bewegt sich der Fluviometer an einer verticalen, in die Flusssohle gesteckten hohlen Eisenstange vermittelst eines in letzterer enthaltenen Zugseils. Eine an der Stange angebrachte Scheibe begrenzt die Senkung des Flügels. Durch Verbindung des Zugseils mit einer gleichmässig sich bewegenden Trommel, derart, dass der Flügel sich mit constanter Geschwindigkeit auf- und

Digitized by Google

abbewegt, kann die mittlere Geschwindigkeit in einer Verticalen direct ermittelt werden (Integration). Ein elektrisches, mit dem Zählwerk verbundenes Läutewerk giebt die Umdrehungen an und functionirt zugleich als Integrator.

Dieser Apparat ist der vollkommenste aller bis jetzt vorhandenen und giebt durch Einschaltung eines Schreibapparats (nach Morse) im Verein mit dem Chronographen Auskunft über die Art der Bewegung des Wassers in beliebiger Tiefe. Die elektrische Leitung versagt auch hier öfter, so dass jede Ankerbewegung in der elektrisch bewegten Anzeigevorrichtung mitgezählt werden muss; auch tritt bei grossen Tiefen leicht Wasser in den Contact ein, dessen Dichtung namentlich nach längerer Pause in dem Gebrauche sorgfältig nachzusehen ist. Ausserdem ist die Aufstellung ziemlich zeitraubend. Preis rd. 900 Mark *).

b. Bestimmung der Coëffizienten.

Oberflächen- und Stabschwimmer ergeben die Geschwindigkeit direct durch Division der Zeit durch die Weglänge. Bei beiden lässt sich die mittlere Profilgeschwindigkeit zu annähernd 0,85 der gemessenen Thalweggeschwindigkeit annehmen.

Für die Pitot'sche Röhre entwickelt Rühlmann die Formel

$$v = n \sqrt{2\,g\,(h_1 + h_2)};$$

hierin bezeichnet h_1 und h_2 die bez. Differenzen zwischen Wasserspiegel und Wasserstand in der Röhre bei stromauf- und stromabwärts gerichtetem horizontalem Schenkel. Derselbe fand bei 1,65 m Geschwindigkeit $n = 0{,}889$ und wenn $h_2 = 0$ gesetzt wurde, $n = 0{,}907$. Für die nach Woltmann konstruirten Flügelapparate ist im Allgemeinen die Gleichung anzunehmen

$$v = n + m\,u,$$

wenn n und m Coëffizienten, u die Anzahl der in der Zeiteinheit beobachteten Flügelumdrehungen bedeutet. Nach beifolgender Skizze lässt sich die Gleichung der Flügelumdrehungen und Geschwindigkeit bis zu einer gewissen Grenze als Gerade auffassen, wobei $m = \mathrm{tg}\,\beta$ die Neigung derselben gegen die Abscissenaxe wiedergiebt. Ueber diese Grenze hinaus bleibt m nicht konstant, wächst vielmehr mit abnehmender Geschwindigkeit. Je genauer der Flügel gearbeitet und Reibungswiderstand vermieden ist, desto kleiner wird n und desto länger bleibt die Richtigkeit obiger Gleichung auch für kleine Geschwindigkeit bestehen.

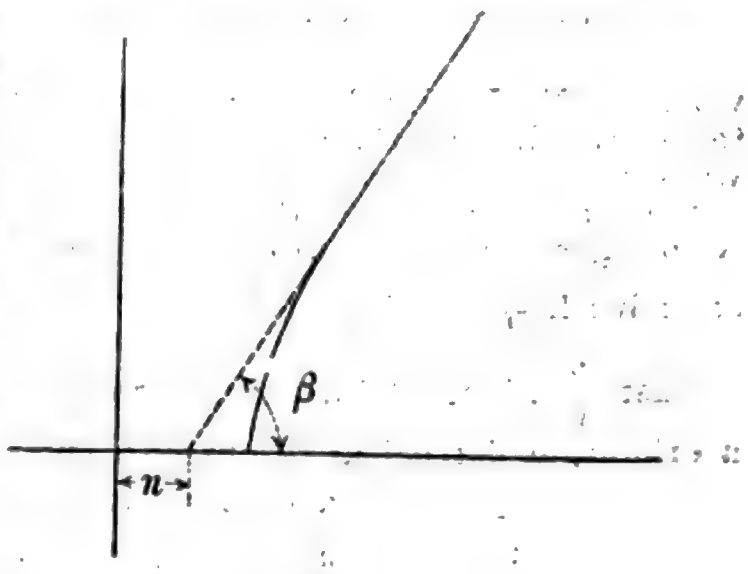


Fig. 3.

Bezeichnet v_1, v_2 u. s. w. die Geschwindigkeiten, t_1, t_2 u. s. w. die Zeiten und u_1, u_2 u. s. w. die zugehörigen Flügelumdrehungen, dann ist für Bewegung der Flügel in stillstehendem Wasser zu ermitteln bei der Weglänge = 1

$$n = \frac{\Sigma(u^2)\,\Sigma(t\,.\,1) - \Sigma(t\,.\,u)\,\Sigma(ul)}{\Sigma(t^2)\,\Sigma(u^2) - [\Sigma(tu)]^2} \quad \text{and}$$

$$m = \frac{\Sigma(t^2)\,\Sigma(ul) - \Sigma(tu)\,\Sigma(t\,.\,1)}{\Sigma(t^2)\,\Sigma(u^2) - [\Sigma(tu)]^2}$$

Um der Veränderung der Werthe für abnehmende Geschwindigkeit gerecht zu werden, entwickelt Exner [Zeitschrift für Bauwesen 1875] auf Grund ausgedehnter Untersuchungen Formelwerthe unter Berücksichtigung der Veränderlichkeit des Werthes $\frac{\text{Weglänge}}{\text{Ganghöhe der Schaufeln.}}$

*) Bei allen diesen Instrumenten muss die Flügelwelle senkrecht auf das Messprofil gerichtet sein, sonst u. U. bedeutende Ungenauigkeiten im Resultate. Wenn irgend möglich, ist auf das Anbringen des Ruders zu verzichten, da der Apparat dadurch fortwährend seitlichen Schwankungen ausgesetzt ist.

Es erscheint zweckmässig, die bei der Konstantenbestimmung für ein und dasselbe Instrument gefundenen Werthe graphisch aufzutragen zu welcher Methode Verfasser im Wochenblatt für Baukunde 1887, S. 382, Anleitung gegeben.

(Bei der zahlreichen Literatur über diesen Gegenstand und der Verschiedenheit der zur Anwendung empfohlenen Formeln dürfte eine erschöpfende Behandlung den Rahmen des Kalenders zu weit überschreiten).

c. Bestimmung der Wassermenge.

Durch Einlauf in geaichte Gefässe nur bei geringen Mengen möglich Weisbach's hydr. Becher (Civil-Ing. Bd. I., S. 209).

Wasserzoll. In der vollkommen dicht abschliessenden dünnen Abschlusswand eines Baches werden in bestimmter Höhe unter dem Wasserspiegel Kreisöffnungen eingeschnitten von verschiedenem Durchmesser; von diesen werden so viel geöffnet, als hinreicht, um den Wasserspiegel in konstanter Höhe zu halten. Bornemann theilt für 26,15 mm Druckhöhe über Mitte der Oeffnung die Werthe mit:

Durchmesser der Oeffnung in Millimetern.	Wassermenge in Cubikmetern pro Minute.	pro Tag.
26,15	0,0138	19,874
13,08	0,00378	5,444
6,54	0,00098	1,413
3,27	0,00027	0,391

Für Messungen mittelst Ausfluss aus Mündungen in einem Einbaue ist der Beharrungszustand abzuwarten, ehe die bez. Formeln für Ausfluss zur Anwendung kommen. In Gerinnen empfiehlt es sich, das Bett durch ein Querbrett zu versperren und das aufgestaute Wasser überfallen oder unter dem Brett ausfliessen zu lassen.

In letzterem Fall ist nach Weisbach die abfliessende Wassermenge, wenn das Brett nach aussen abgeschrägt ist,

$$Q = 0{,}6\ a\ b \sqrt{2gh},$$

worin b die Breite des Gerinns und der Mündung, a die Höhe der letzteren und h die Höhendifferenz zwischen dem Oberwasser- und Unterwasserspiegel im Gerinne bezeichnet. Bei einem unten exakt abgerundeten Brett kann der Coëffizient von 0,6 bis zu 0,89 wachsen. Ist das Ansatzgerinne ganz kurz und fliesst das Wasser fast frei ab, so ist statt $h : h + \frac{a}{2}$ einzusetzen.

Ist $\frac{a}{h}$ nicht klein, so dass sich das Unterwasser über die Mündung a erhebt, so ist bei abgeschrägter Kante

$$Q = 0{,}46\ a\ b \sqrt{2gh}$$ und bei abgerundeter Kante

$$Q = 0{,}68\ a\ b \sqrt{2gh},$$ wobei h wieder die Differenz zwischen der Höhe des Ober- und Unterwasserspiegels bezeichnet.

Aus den Geschwindigkeitsmessungen wird die Wassermenge berechnet nach der Formel $Q = F.v$, worin v die mittlere Profilgeschwindigkeit bedeutet und wie oben zu ermitteln ist. Bei Wassermessungen an Flüssen und Strömen theilt man das Profil in eine Anzahl möglichst gleicher Theile (Verticale), misst in jedem derselben in mehreren, möglichst gleichen verticalen Abständen die Geschwindigkeiten und construirt daraus die Umhüllungskurve für die Verticalgeschwindigkeit, wie nebenstehend in I, II und III geschehen, indem man die Wassertiefen als Ordinaten, die Geschwindigkeiten als Abscissen aufträgt. Aus letzteren lassen sich die in der Figur mit 1, 2, 3 bezeichneten Curven gleicher Geschwindig-

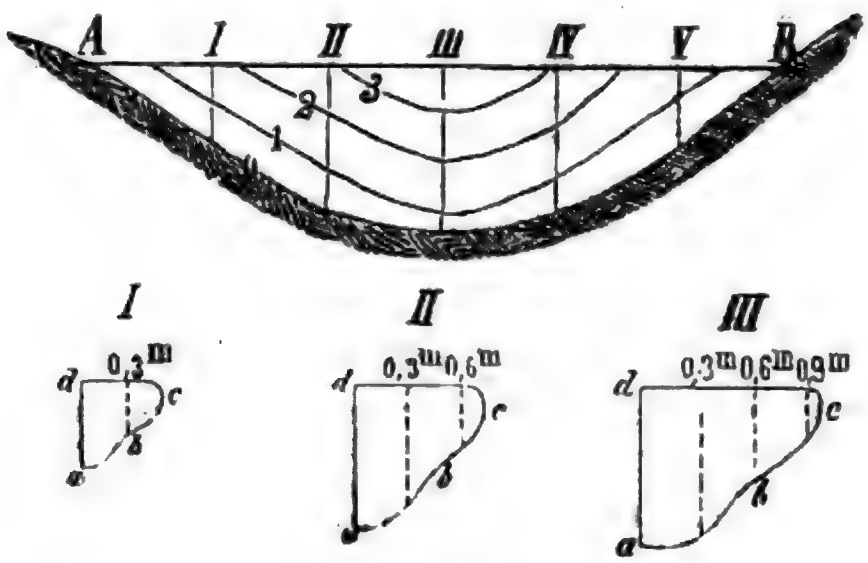


Fig. 4.

Digitized by Google

keiten, z. B. $0{,}3^m$, $0{,}6^m$ u. s. w., in dem Stromprofil ermitteln und daselbst wie nebenstehend verzeichnen. Durch diese, Isotachen genannte Curven wird aber der secundlich vorgeschobene Wasserkörper dargestellt, wenn man nur die Curven 1, 2, 3 als Projectionen von auf der Körperoberfläche verzeichneten krummen Linien betrachtet, welche gleiche Horizontaldistanzen $a = 0{,}3^m$, $0{,}6^m$ u. s. w. haben. Es sind also die Curven 1, 2, 3... Terrainschichtenlinien zu vergleichen. Wird mit f, f_1 etc. die Fläche bezeichnet, welche von den Curven 1, 2, 3... und der Geraden AB eingeschlossen wird, so ist das Volumen einer Zone $= \frac{f + f_1}{2} \cdot a$ und das Gesammtvolumen: $Q = \left(\frac{fo}{2} + \frac{fn}{2} + f_1 + f_2 \cdots + f_{n-1}\right)$ worin fn die Fläche der letzten Zonen ist. Die Ermittlung der Zonenflächen erfolgt am einfachsten mit dem Planimeter.

Die mittlere Geschwindigkeit v in den Vertikalen in einem der Profile I, II, III etc. ergibt sich, wenn die aus den Figuren I, II, III etc. mittelst des Planimeters ermittelten Flächeninhalte durch die Wassertiefe dividirt werden. Der geometrische Ort von v liegt im Schnittpunkt der Geschwindigkeitscurven a b c mit der im Abstand v von der Ordinate a d gezogenen Parallele.

Teichmann schlägt (Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure 1883, S. 5) auf Grund der Parabelform vor, das Profil in gleiche Theile von der Breite b zu theilen und im Abstande 0,211 b vom Rande jedes Feldes die mittleren Geschwindigkeiten v_1 und v_2 zu messen, die in dem Felde abfliessende Wassermenge ist dann angenähert

$$Q = \frac{v_1 h_1 + v_2 h_2}{2} \cdot b.$$

Bei Kanälen von rechteckigem Querschnitt wird das ganze Profil in solche Felder getheilt, bei solchen von trapezförmigem Querschnitt und bei natürlichen Wasserläufen bleibt auf beiden Seiten ein Dreieck übrig, für welches die Geschwindigkeit im Schwerpunkt bestimmt wird, welche zwar etwas zu gross ist, ein Fehler, welcher jedoch weniger in Betracht kommt, da das durch diese Dreiecke abfliessende Wasser ein verhältnissmässig kleiner Bruchtheil der durch das ganze Profil abfliessenden Wassermenge zu sein pflegt. Um die mittlere Geschwindigkeit in einer Senkrechten zu ermitteln, wird aus verschiedenen directen Flügelmessungen von einer Ordinate AC jede gefundene Geschwindigkeit bezw. die Geschwindigkeitskurve EKGLB aufgetragen, man hat alsdann unter der Annahme, dass letztere eine Parabel darstellt, $HJ = {}^2/_3\, HG$ zu machen, und BD ∥ EF zu ziehen, so ist das Parabelsegment EFLGK = EDFB und somit das Trapez ABCD = der Geschwindigkeitsfläche AFLGKEC und $OJ = \frac{Mk + NL}{2}$ = der mittleren Geschwindigkeit, wobei Mk und NL je 0,211 h von dem obersten und untersten Rande entfernt sind. Eine ähnliche Annahme wird auch bezüglich der horizontalen Geschwindigkeitskurve gemacht und hieraus obige Regel abgeleitet, welche sich zur Anwendung in der Praxis als hinreichend genau besonders empfiehlt.

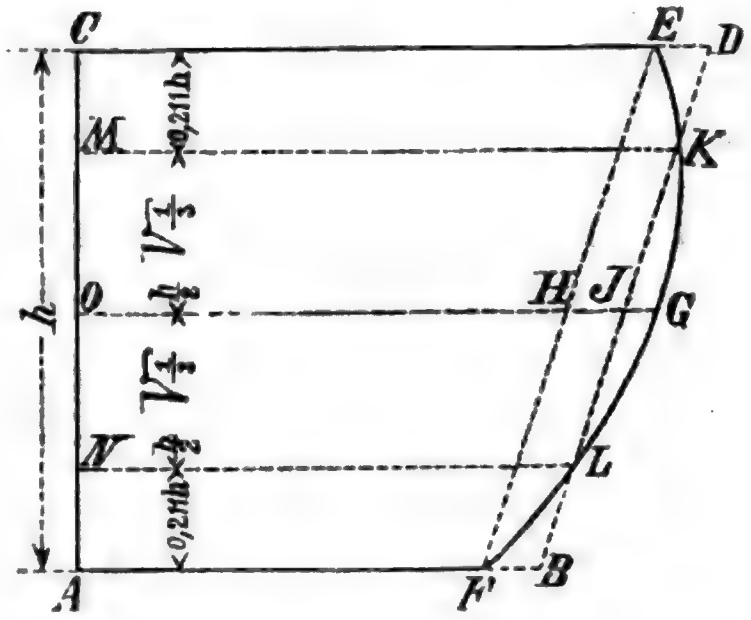


Fig. 5.

Bei dem Integrationsverfahren wird die Umhüllungskurve durch ein Rechteck dargestellt, dessen Inhalt sich zur directen Ermittelung von Wassermengen eignet. Sind dieselben f_0, f_1, f_2 u. s. w., b_0, b_1, b_2 u. s. w. die Abstände, dann ist

$$Q = \frac{f_0 + f_1}{2} \cdot b_0 + \frac{f_1 + f_2}{2} b_1 + \frac{f_2 + f_3}{2} \cdot b_2 + \frac{f_{n-1} + f_n}{2} \cdot b_{n-1}.$$

Die Integrationsmethode giebt jedoch, da das Instrument nicht auf den Boden hinabreicht, etwas zu grosse Werthe (vgl. Harlacher's Werk). Ebendaselbst wird die directe Ermittelung auf rein graphischem Wege qeschrieben.

Digitized by Google

Wasserbauinspector Jasmund kommt auf Grund zahlreicher Messungen in der Elbe zu dem Resultat, dass die Curve der in einer Vertikalen liegenden Geschwindigkeiten am besten der logar. Gleichung anzupassen wäre. Vgl. Hann. Zeitschr. 1893.

Wassermengenermittelung durch Thermometermessungen hat Ritter vorgenommen, bei kleineren sich vereinigenden Wasserläufen, wenn die Wassermenge des einen bekannt ist, indem die Wassermengen sich umgekehrt verhalten wie die durch Mischung hervorgerufenen Temperaturänderungen.

Bezeichnete Q_1 und Q_2 die in den beiden Bächen fliessenden Wassermengen, t_1 und t_2 deren Temperaturen vor ihrer Vereinigung, t_0 desgleichen nach derselben, so verhält sich $Q_1 : Q_2 = t_0 - t_2 : t_1 - t_0$. Die betreffenden Temperaturen müssen einigermassen verschieden sein, wenn die Resultate genau werden sollen, auch müssen sie in der Nähe der Vereinigungsstelle gemessen werden.

Berechnung des Abflussprofils.

Ist das Querprofil und das Gefälle eines Flusses oder Kanales gegeben, so sind Geschwindigkeit und Wassermenge nach vorstehenden Formeln leicht zu ermitteln; ebenso leicht kann das nöthige Gefälle bei bekannter Wassermenge und Wasserquerschnitt ermittelt werden. Sind dagegen die Dimensionen des Querprofils für eine zu transportirende Wassermenge Q bei gegebenem relativem Gefälle α zu suchen, so muss die allgemeine Gestalt des Profils zum vornherein angenommen werden. Gestaltet man das Profil symmetrisch gegen seine durch den Schwerpunkt gehende Verticalaxe, so lassen sich für die am häufigsten vorkommenden geradlinig begrenzten und eiförmigen Profile Formeln aufstellen, die sodann für zusammengesetzte Querschnitte auch verwendet werden können. Bei letzteren, z. B. bei Flussprofilen mit Vorland sind jedoch die mittleren Geschwindigkeiten und Wassermengen zu unterscheiden, welche für das Vorland und jene, welche für den eigentlichen Stromschlauch sich ergeben. Der gesammte Querschnitt ist hier $= 2F_2 + F_1$; die mittlere hydraulische Tiefe ist sowohl für F_2 als für F_1 getrennt zu berechnen, weil in A eine Unterbrechung der Stetigkeit stattfindet.

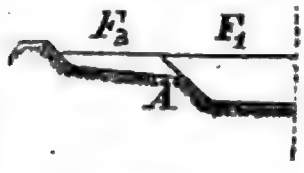


Fig. 6.

In Bezug auf die geradlinig begrenzten Profilformen repräsentirt das Trapez den Grundtypus. Sei 2b die Wasserbreite, t die Höhe des gegen die Verticalaxe symmetrischen Trapezes, dessen Böschungen gegen die Horizontale den Winkel φ einschliessen, so ist der Wasserquerschnitt $F = 2.bt - t^2 . \cot g\ \varphi$, der benetzte Umfang $p = 2b + \frac{2t}{\sin \varphi} - 2t \cot g\ \varphi$, mithin der Profilradius r:

$$r = \frac{F}{p} = \frac{(2bt - t^2 . \cot g\ \varphi) . \sin \varphi}{2t + 2b \sin \varphi - 2t \cos \varphi} = \frac{Ft \sin \varphi}{F \sin \varphi + t^2 (2 - \cos \varphi)}.$$

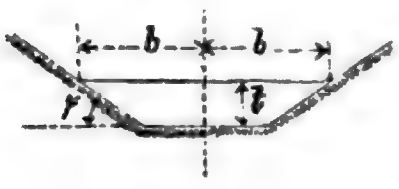


Fig. 7.

Wird $\varphi = 90^0$, so verwandelt sich das Trapez in ein Rechteck und es wird $r = \frac{bt}{b + t}$. In beiden Fällen erreicht r seinen Maximalwerth mit $r = \frac{t}{2}$, $b = \frac{t}{\sin \varphi}$. Das Maximum tritt also ein, wenn die halbe Wasserbreite b gleich der vom Wasser berührten Böschungsfläche ist; beim Trapeze findet dies statt für das halbe regelmässige Sechseck, beim Rechteck für b = t.

Dem Maximalwerthe von r entspricht bei geradlinig begrenzten Figuren des Profiles sowohl die grösste mittlere Geschwindigkeit als auch die grösste Wassermenge.

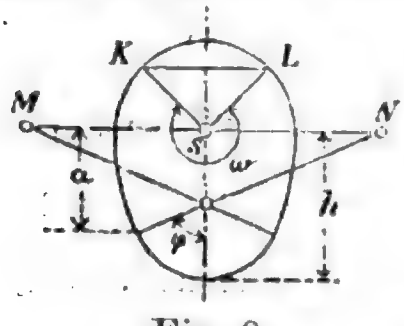


Fig. 8.

Bei eiförmigen Profilen ist allgemein, wenn b der Halbmesser der Kanalhaube, $b_1 = m . b$ der Halbmesser der Leibung, $b_2 = n . b$ der Halbmesser des Sohlstückes:

$$\sin \varphi = \frac{m - 1}{m - n},\ \varphi = \text{arc}\left(\sin = \frac{m - 1}{m - n}\right),$$

$a = m . b . \cos \varphi$, $h = b . [n + (m - n) . \cos \varphi]$ und die ganze, unterhalb der Kämpferlinie gelegene Fläche:

Digitized by Google

$$F_0 = b^2 . \left[\frac{m^2 . \pi}{2} \cdots (m^2 - n^2) . \left(\varphi - \frac{\sin 2\varphi}{2} \right) - 2m (m-1) \cos \varphi \right] = c . b^2$$

der entsprechende benetzte Umfang p_0 wird;

$$p_0 = 2 . b . \left[n\varphi + m \left(\frac{\pi}{2} - \varphi \right) \right] = c_1 . b.$$

Für das bis zum Scheitel gefüllte Profil wird:

$$F = \left(c + \frac{\pi}{2} \right) b^2, \qquad p = (c_1 + \pi) . b.$$

Nimmt man die Kämpferlinie MN zur Abscissen-Axe, so gelten für einen beliebigen, in der Tiefe y unter derselben gelegenen und in den Grenzen von 0 bis a schwankenden Wasserstand die Beziehungen:

$$F_y = b^2 . \left[c - m^2 . \operatorname{arc} \left(\sin = \frac{y}{mb} \right) \right] + b . y . \left[2(m-1) - m . \sqrt{1 - \left(\frac{y}{m . b} \right)^2} \right]$$

$$p_y = b . \left[c_1 - 2m . \operatorname{arc} \left(\sin = \frac{y}{m . b} \right) \right].$$

Erstreckt sich die Füllung über Kämpferhöhe hinaus und bezeichnet man mit w den Centriwinkel der von S aus gegen die Berührungspunkte zwischen Wasserspiegel und Profilrand gezogenen Fahrstrahlen SK und SL, so wird:

$$F_\omega = \frac{b^2}{2} . (2c + \omega - \pi - \sin \omega)$$

$$p_\omega = b . (c_1 + \omega - \pi).$$

Die Maxima für Geschwindigkeit und Wassermenge im Eiprofil treten ein zwischen der Kämpferfüllung und dem ganz vollaufenden Profile. Das Maximum der Geschwindigkeit tritt ein, wenn:

$$\sin \omega - (c_1 + \omega - \pi) . \cos \omega - 2c + c_1 = 0,$$

für das Maximum der Wassermenge entscheidet die Gleichung:

$$3c_1 + 2(\omega - \pi - c) + \sin \omega - 3(c_1 + \omega - \pi) \cos \omega = 0.$$

In allen Fällen, sowohl bei geradlinig als bei krummlinig begrenzten Querschnittsformen wird, wenn man mit 2b die grösste horizontale Breite des Wasserprofils bezeichnet:

$$F = c . b^2, \quad r = c_1 . b.$$

Einen angenäherten Werth von b liefert die Formel, wenn Q und α bekannt sind:

$$b = \sqrt[5]{\frac{Q^2}{2500 . c^2 . c_1 . \alpha}}$$

Den genauen Werth von b findet man sodann, entsprechend der vereinfachten Kutter'schen Formel für den Reibungscoëfficienten, mit:

$$b = \sqrt[3]{\frac{mQ}{100 . c . c_1 . \sqrt{\alpha}}} + \sqrt{\frac{Q^2 . b}{10000 . c^2 . c_1 . \alpha}}.$$

Bei Anlage von Kanälen ist der Querschnitt so zu wählen, dass bei der grössten zu erwartenden Geschwindigkeit die Profilform nicht zerstört wird. Nach Rühlmann ist als äusserste Grenze anzunehmen:

für Material	Geschwindigkeit
Schlamm, aufgelöste Erde	0,076
fetter Thon	0,152
Sand	0,305
Grand	0,609
abgerundete Kieselsteine	0,914
eckige Kieselsteine	1,220
Conglomerate, Schiefer	1,520
geschichtete Felsen	1,830
harte Felsen	3,050

Digitized by Google

Stoss des Wassers.

Wird mit P der Stoss oder Druck eines Wasserstrahls gegen eine Fläche, mit a der Querschnitt und mit v die Geschwindigkeit des Strahls, mit c die Geschwindigkeit, mit der sich die getroffene Fläche in der Richtung des Strahls fortbewegt, mit h die dem Stoss entsprechende Geschwindigkeitshöhe, mit γ das Gewicht der Cubikeinheit Wasser und endlich mit Q die Wassermenge des Strahls pro Secunde bezeichnet, so ist

1) für den Stoss normal gegen eine ebene Fläche $P = \frac{v-c}{g} . Q . \gamma$

befindet sich die Fläche in Ruhe, so ist $P = 2 . a . h . \gamma$

2) für den Stoss gegen eine hohle Fläche, wobei der Strahl in der Strahlrichtung zurückgeworfen wird, ist $P = 2 \frac{v-c}{g} Q . \gamma$, und bei ruhender Fläche $= 4 . a . h . \gamma$.

Die Maximalleistung des Stosses in 1) u. 2) tritt ein, wenn $c = \frac{v}{2}$ wird.

Für den Stoss des unbegrenzten Wassers wird $P = K . \frac{v^2}{2g} . a . \gamma$, worin K einen von der Form des getroffenen Körpers abhängigen Coëfficienten und v die relative Geschwindigkeit des Wassers gegen den von ihm getroffenen Körper bezeichnet.

Bezeichnet φ den Reibungscoëfficienten von Stein auf Stein bei Geschieben in Flüssen (= 0,5) und γ_1 das Gewicht der Kubikeinheit des gerollten Körpers, J das Volumen desselben in cbm, so ist

$$P = \varphi . \ J \ (\gamma_1 - \gamma).$$

Wird mit 2a die längere, mit 2b die kürzere Axe des als Umdrehungsellipsoid gedachten Geschiebs und mit F der Inhalt der zur Stromrichtung senkrechten Projection des Körpers in qm bezeichnet, so ist

$$F = \pi . b^2 \qquad P = 128 . b^2 . v^2$$
$$v = 443 \sqrt{2b} = \zeta \sqrt{2b}$$

ζ ist verschieden und abhängig von Grösse, Form und Reibungscoëfficient des Gerölls, im Mittel = 4,0.

Stauhöhe und Stauweite.

Zur Berechnung der Stauhöhe x bei Werkswehren u. dgl. dient die Formel:

$$o = x^3 + (h + 3t) x^2 + \left(\frac{9}{4} t^2 + 3 t h\right) x - \left(\frac{9}{8} \frac{Q^2}{\mu^2 g b^2} - \frac{9}{4} h t^2\right),$$

worin $h = \frac{1}{2g} \left(\frac{Q}{B t}\right)^2$ zu setzen ist.

Da die Geschwindigkeit des unterhalb den Pfeilern austretenden Wassers grösser als die Eintrittsgeschwindigkeit ist und an ersterem Ort leicht schädliche Wirbelbildungen entstehen, so sind die Hintertheile der Brückenpfeiler abzurunden oder zuzuschärfen.

Unter der Voraussetzung, dass die Flussbreite gegenüber der Tiefe sehr beträchtlich ist und der Fluss ein constantes Gefäll und Profil auf der zu betrachtenden Strecke aufweist, gelten für die Stauweite nach Rühlmann nachstehende angenäherte Formeln, wenn t die ungestaute Wassertiefe, h_1 die Stauhöhe an dem Wehr, h die Stauhöhe in irgend einem Punkt A oberhalb des Wehrs, L die Entfernung dieses Punktes vom Wehr und α das relative Gefälle des Flusses bezeichnet, und unter der Voraussetzung, dass eine Stauhöhe (pro Einheit der natürlichen Wassertiefe) $\frac{h}{t} = 0{,}01$ den Ausgangspunkt bilde, also eine Stelle, woselbst der Stau fast verschwunden ist, den Ursprung des Coordinatensystems bilde (für $\mu \left(\frac{h_1}{t}\right)$ und $\mu \left(\frac{h}{t}\right)$ vergl. Tabelle):

$$\alpha L = t \left\{\mu \left(\frac{h_1}{t}\right) - \mu \left(\frac{h}{t}\right)\right\}.$$

Digitized by Google

Nach Dr. Gödeker ist, wenn $U = \frac{h^1}{h}$ gesetzt wird,

$$\alpha L = 1{,}71835 + U - 0{,}3837642 \,.\, \lg \,.\, \frac{U^2 + 3U + 3}{U^2} - 0{,}0100766\ W,$$

wenn $\operatorname{tg} . W = \frac{U}{(U+2)\sqrt{3}}$ gesetzt. (W ausgedrückt in Graden).

Wenn $U = \frac{h}{t} < \frac{1}{4}$ dann

$$\alpha L = 1{,}71835 - 0{,}3837642 \lg \,.\, \frac{U^2 + 3U + 3}{U^2} + U - \frac{U}{3\,(U+2)}.$$

Für die verschiedenen Werthe von $\left(\frac{h}{t}\right)$ bezw. auch $\frac{h_1}{t}$ enthält nachstehende Tabelle die Werthe $\mu\left(\frac{h}{t}\right)$ bei Stauungen.

$\frac{h}{t}$	$\mu\left(\frac{h}{t}\right)$	Diff.	$\frac{h}{t}$	$\mu\left(\frac{h}{t}\right)$	Diff.	$\frac{h}{t}$	$\mu\left(\frac{h}{t}\right)$	Diff.	$\frac{h}{t}$	$\mu\left(\frac{h}{t}\right)$	Diff.
0,01	0,0067		0,3	1,3428		1,4	2,7264		2,5	3,8745	
		2377			1691			1073			1023
0,02	0,2444	1419	0,4	1,5119	1492	1,5	2,8337	1064	2,6	3,9768	1021
0,03	0,3863	1026	0,5	1,6611	1369	1,6	2,9401	1057	2,7	4,0789	1021
0,04	0,4889	912	0,6	1,7980	1286	1,7	3,0458	1050	2,8	4,1808	1018
0,05	0,5701	675	0,7	1,9266	1229	1,8	3,1508	1045	2,9	4,2826	1017
0,06	0,6376	582	0,8	2,0495	1188	1,9	3,2553	1041	3,0	4,3843	5071
0,07	0,6958	514	0,9	2,1683	1156	2,0	3,3594	1037	3,5	4,8914	5044
0,08	0,7472	461	1,0	2,2839	1132	2,1	3,4631	1033	4,0	5,3958	5035
0,09	0,7933	420	1,1	2,3971	1112	2,2	3,5664	1030	4,5	5,8993	5027
0,1	0,8353	3008	1,2	2,5083	1096	2,3	3,6694	1027	5,0	6,4020	
0,2	1,1361	2067	1,3	2,6179	1085	2,4	3,7721	1024			

Angenähert ist die Stauweite bei mässigem Gefälle

$$= \frac{2 \times \text{Stauhöhe}}{\text{relatives Gefäll des ungestauten Wasserspiegels.}}$$

Beispiel. In einem Fluss 1 : 500 Gefäll und einer Wassertiefe von $0{,}6^m$ soll durch ein Wehr der Wasserspiegel um $2{,}0^m$ gestaut werden In welcher Entfernung vom Wehr hört die Stauung auf?

$$\frac{1 \,.\, L}{500 \,.\, 0{,}6} = \mu\left(\frac{2}{0{,}6}\right) - \mu\left(\frac{0}{0{,}6}\right) = \mu\ (3{,}33) - 0 = 4{,}7192,$$

somit $L = 500 \,.\, 0{,}6 \,.\, 4{,}7192 = 1415{,}76^m$.

500^m oberhalb des Wehrs beträgt die Stauung

$$\frac{1}{500} \cdot \frac{500}{0{,}6} = 4{,}7192 - \mu\left(\frac{h}{0{,}6}\right);\ \mu\left(\frac{h}{0{,}6}\right) = 3{,}0525,$$

somit nach der Tabelle $\frac{h}{t} = 1{,}70$ und $h = 1{,}02^m$.

Die Stauhöhe, welche durch Brückenpfeiler, Buhnen u. dergl. erzeugt wird, ergiebt sich angenähert aus der Formel

$$Q = \mu b \sqrt{2g} \left\{ (^2/_3\ x + t) \sqrt{x + \frac{c^2}{2g}} \right\},$$

worin x die Stauhöhe, b die lichte Weite zwischen den Brückenpfeilern, den Buhnenköpfen etc., B die natürliche Flussbreite und t die ungestaute Wassertiefe bezeichnete und $\mu = 0{,}95$, wenn die Pfeiler in Halbkreisen oder spitzen Winkeln endigen, $\mu = 0{,}7$, wenn die Bogenanfänger in's Wasser tauchen, $= 0{,}90$, wenn der Horizontalschnitt des Vordertheils einen stumpfen Winkel bildet, und $\mu = 0{,}85$ bei Buhneneinbauten und bei Pfeilern mit geraden Vordertheilen anzunehmen, ferner

$$c = \frac{Q}{B\,(x + t)} \text{ zu setzen ist.}$$

Sasse fand am Hamelner Wehre und an der Saale, dass das Stromgefälle da aufhört, bezw. Staukurve beginnt, wo die Horizontale durch Wehrhöhe den Flussboden des Oberwassers anschneidet.

Digitized by Google

IIa. Anleitung zur Berechnung der (mitteleuropäischen) Quellen- und Stromabflussmengen

aus der Regenmenge, Grösse und Beschaffenheit der Quellen- und Flussgebiete.

Von Rob. Lauterburg, Ingenieur in Bern*).

(S. auch den bezügl. Aufsatz in der Allg. Bauztg. v. 1887, Heft 2—4 u. 12.)

Die nachstehenden Folgerungen beruhen weniger auf analytischen Erörterungen als auf langjährigen Beobachtungen und zahlreichen Quellen- und Strommessungen sowie auf der gegenseitigen Ausgleichung der Erfahrungsresultate, gestützt auf die feststehenden oder veränderlichen Zustände der Einzugsgebiete. Das hier beobachtete Verfahren ist ein vorherrschend empirisches. Dasselbe gibt unter möglichster Meidung aller hypothetischen Annahmen die wenigen, bis jetzt nur auf empirischem Wege erhältlichen Zahlenwerthe als Annäherungswerthe oder als Werthe der erfahrungsgemässen Abschätzung.

Dieses Verfahren liefert jedoch Formeln- und Zahlenwerthe mit derjenigen Genauigkeit, welche für die Praxis genügen, Freunden speculativer Wissenschaft aber werthvolle Nachweisungen über manche Vorgänge in der Natur.

In dem Maasse als die Zahlenergebnisse unter den verschiedensten Umständen aus der Erfahrung abgeleitet worden sind, entsprechen dieselben auch den meistens unmessbaren Wechseln in den atmosphärischen Vorgängen, in der Vegetation u. s. w. Soweit sich dieselben aber erforschen oder abschätzen liessen, haben wir überall die Natur, Stärke und Zeitdauer der Kräfte und deren zeitliches Eintreffen u. s. w., sowie die Mitwirkung aller sonstigen zusammentreffenden Nebenumstände in Betracht gezogen.

Der Hauptvortheil des gewählten Verfahrens besteht in der leichten Bestimmung aller Hauptwasserstände und Wassermengen eines Gewässers, ohne auf Pegelbeobachtungen und Wassermessungen angewiesen zu sein.

Um die hierbei in Betracht kommenden Naturerscheinungen ziffernmässig darstellen zu können, wurden die Zustandsfaktoren zu ermitteln gesucht, welche die Wirkung der atmosphärischen Niederschläge beherrschen und regeln. Im Folgenden heissen wir die den unmittelbaren Abfluss befördernden Ursachen oder Kräfte „Abflussfaktoren“, desgleichen die den augenblicklichen Rückstand (das Grund-, Verdunstungs- und Pflanzenspeisungswasser vermehrenden) Zurückhaltungsfaktoren.

Die Zustandsfaktoren sind Bruchzahlen < 1, mit welchen die Niederschlagsmenge, d. h. die über das Quellengebiet ausgebreitet gedachte Niederschlagsschichthöhe, zu multipliciren ist, um den unmittelbar zu Thal fliessenden Theil derselben zu erhalten. Solcher Faktoren gibt es im Wesentlichen drei, welche mit α_1, α_2 und α_3 bezeichnet werden sollen. Ist $\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 = \alpha$, so ist α der gesammte Abflussfaktor und $1 - \alpha$, die Ergänzung von α, der Zurückhaltungsfaktor, d. h. der Theil der im Boden zurückbleibenden, in Folge der steten Nachspeisung jedoch ebenfalls allmälig abfliessenden, theilweise auch verdunstenden oder von der Vegetation aufgesogenen Wassermenge. Die Grösse der letzteren Wassermenge stellt jedoch einen Wasserverlust dar, wofür der Verlustfaktor $\varrho = \varrho_1 + \varrho_2$ eingeführt worden ist. Die stetig abfliessenden Grundwassermengen bilden die Mittel- und Niederwasser, die unmittelbar abfliessenden Niederschlagsmengen (als Zuschlag zu den Niederwasserständen) die verschiedenen Hochwasserstände.

Die Zustandsfaktoren haben also die Neigung, entweder den sofortigen Abfluss aus einem Thal auf Kosten der Grundwasserspeisung zu befördern oder zum Vortheil des Grundwasserunterhalts zu beschränken, zuweilen auch auf Kosten beider Theile eine gewisse Wassermenge aufzuzehren. Selbstverständlich dürfen die Faktoren α_1, α_2 und α_3 zusammengenommen den Werth von 1 nicht überschreiten.

Welche Faktoren für Mitteleuropa anzunehmen sind, ist aus der Schlusstabelle zu ersehen.

---

*) Vergl. die neben angehängte Tabelle.

Digitized by Google

Q_4, in Litern bezw. Cubikmetern pro Secunde.

igung der Seiten- und Längsgefälle.

		Sehr durchlässiger Untergrund.								
eil od. flach.		Sehr steil.			Mittelsteil.			Wenig steil od. flach.		
Q_2	Q_4	Q_0	Q_2	Q_4	Q_0	Q_2	Q_4	Q_0	Q_2	Q_4
18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
cbm	cbm	lit.	cbm	cbm	lit.	cbm	cbm	lit.	cbm	cbm
—	—	3-4,64	0,031	1,3 γ	3,5-5,47	0,024	1,0 γ	—	—	—
—	—	2,68	0,037	1,6 »	3,27	0,027	1,3 »	—	—	—
—	—	2,50	0,044	1,9 »	3,21	0,037	1,6 »	—	—	—
—	—	1,07	0,048	2,03 »	1,43	0,041	1,74 »	—	—	—
,020	1,01 γ	—	—	—	2,8-4,5	0,020	0,9 »	3,3-5,2	0,014	0,72 γ
,025	1,3 »	—	—	—	2,70	0,025	1,20 »	3,18	0,020	1,02 »
,031	1,6 »	—	—	—	2,65	0,031	1,50 »	3,13	0,025	1,30 »
,034	1,74 »	—	—	—	1,20	0,034	1,64 »	1,47	0,028	1,45 »

nach der Beschaffenheit ihres Ausflusses nahezu alles nicht verdunstende
rzögerung. Ueber das Verdunstungsvermögen der See- und Erdflächen.

gegen können unabhängig von h oder h' zur Bestimmung des ordent-
len) Minimums die Coëfficienten unter Q_0 2—3 Mal höher angenommen
denkbar kleinste (in 100 Jahren kaum einmal eintretende) Minimum.
Tabelle beziehen sich nur auf die Hauptabflüsse der Niederschläge, ohne
irnschmelze, welche vorkommenden Falls aus der betreffenden Formel
usfluss zugeschlagen werden muss. Einen ähnlichen Zuschlag erleidet die
die nothwendige Hinzurechnung der vorher abgeflossenen Wassermenge.
Abflussmengen ist die Geschiebmasse der Ströme nicht — dagegen die
velche neben und unter den Strombetten hin ausfliesst — sowie auch das
ıen Wasserläufen zu gewissen Jahreszeiten in erheblichem Maasse ent-
ungen nicht zu übersehen ist).

Q_4 vorkommende Coëfficient γ ist ein von der Gebietsgrösse abhängiger
- 0,007 (ohne Reduction auf die grösstbekannte tägliche Regenhöhe des
Seeen passen die Werthe von Q_4 nur für die See-Zuflüsse.

es = 0.386109 □ miles Zu Seite 34 von Rheinh. Kal. 1898. Gehefteter Theil 1.

eft

1 □ Kilom. = 0.3861090 □ miles.

Digitized by Google

fig. 22. Hydr: Längenprofil für Endguss.

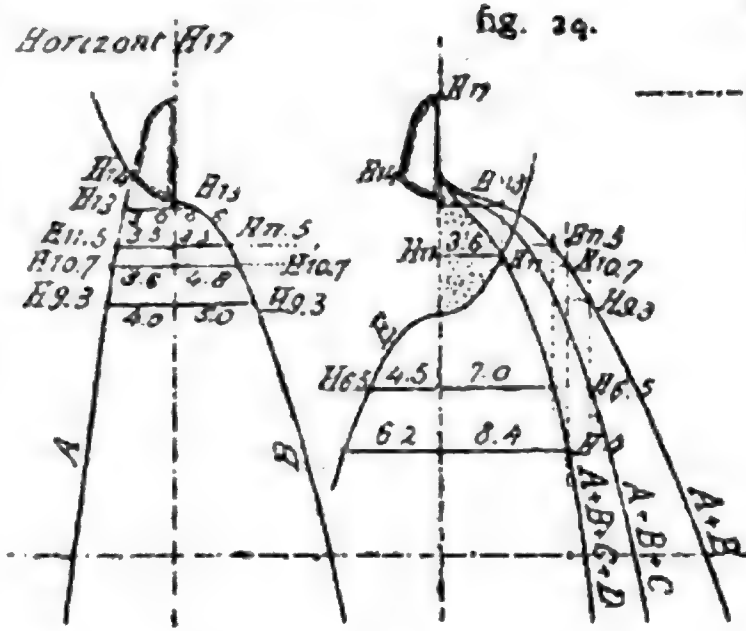
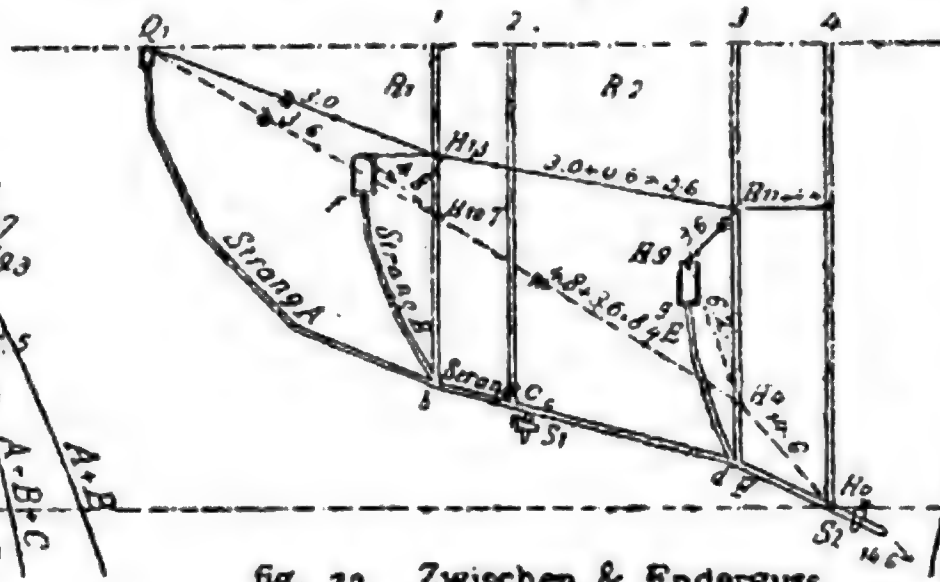


fig. 24.



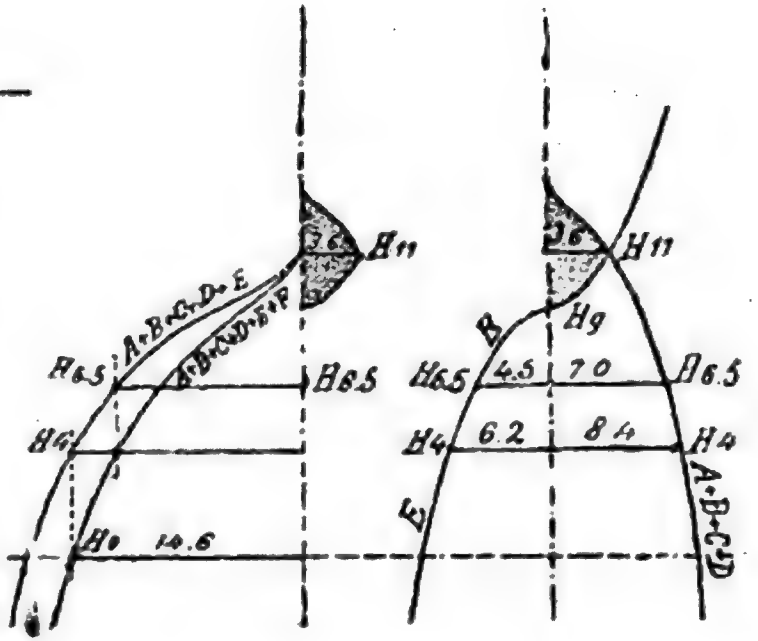
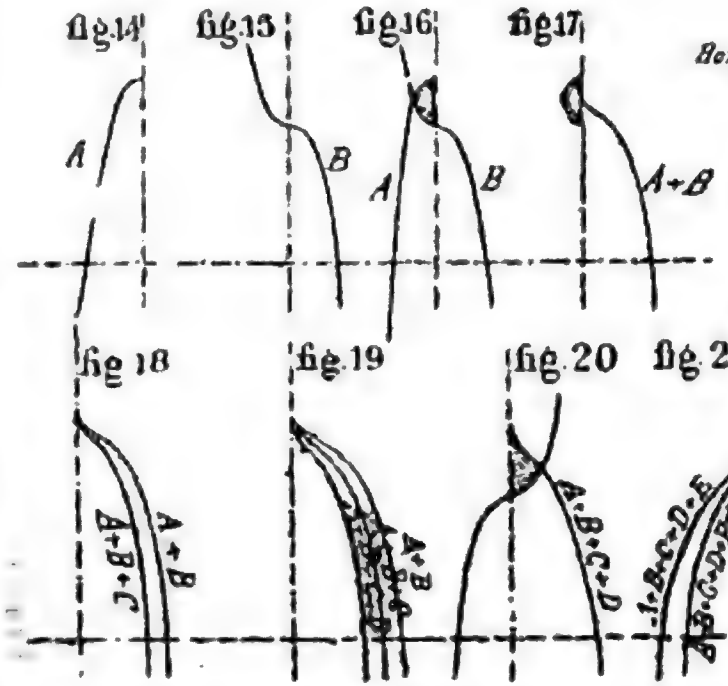


fig. 27. Zwischen & Endguss.



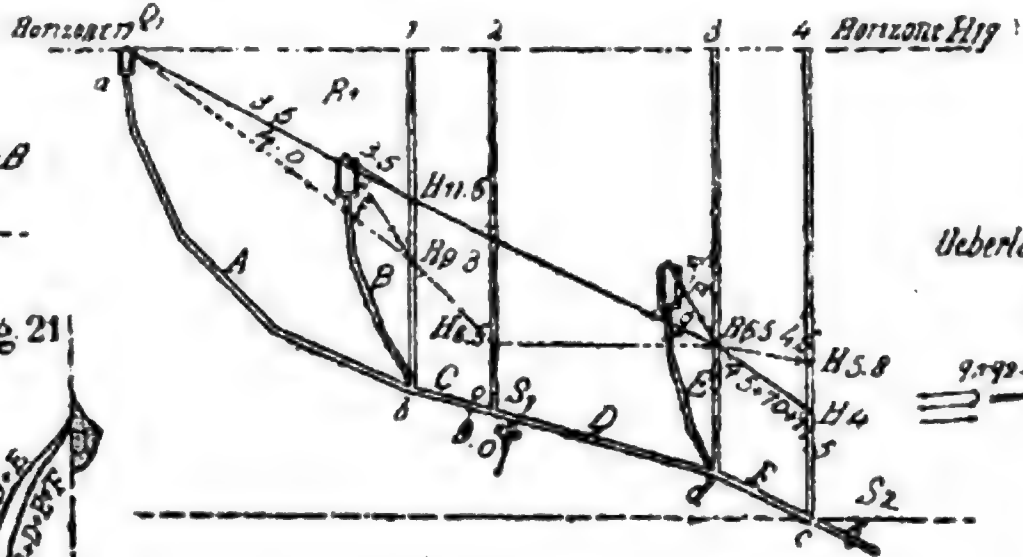
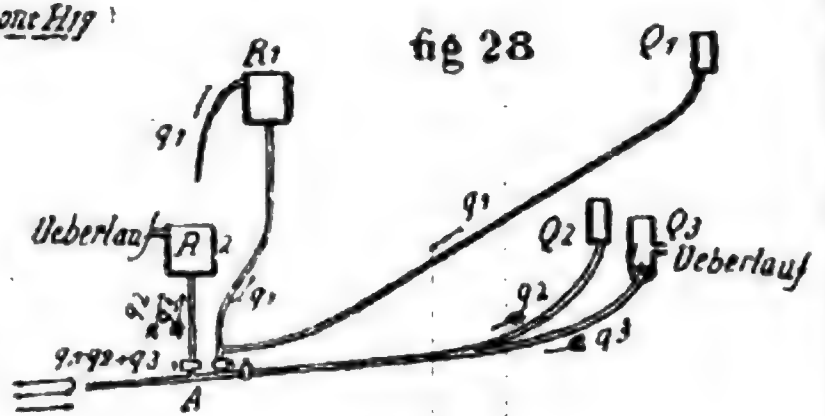


fig 28



Digitized by Google

Die Faktoren α_1, α_2, α_3 sind zu addiren, weil jede Wasser aufsaugende Eigenschaft des Bodens gleichzeitig mit und neben den andern sich geltend macht.

Grundlage d. theoretischen Quellen- u. Stromberechnung *).

Die zu berechnende Abflussmenge eines Quellen- oder Flussgebietes hängt ab: 1) von der Grösse, Lage und Beschaffenheit dieses Gebietes; 2) von den klimatischen Verhältnissen des Gebietes, d. h. von der Schnee- und Regenmenge, die darauf fällt, und von den Temperatur-, Wind- und Verdunstungszuständen.

Bei der Untersuchung des Einflusses der Lage eines Gebietes ist zunächst dessen geographische Lage und der Charakter der betreffenden Gegend in's Auge zu fassen. Bezüglich der Höhenlage muss die Gletscher- und Alpenregion von der Niederung scharf unterschieden werden, da in der ersteren die Steilheit der Gebirgshänge, die öfteren und plötzlichen Aenderungen der Niederschlagsformen (Regen oder Schnee), der Richtungen und Stärke der Winde, der Temperaturen, die Grösse der Niederschläge und der Verdunstung, die Bodencultur u. s. w. einen ganz anderen Character als im Hügelland oder in den Niederungen haben.

Aehnlich wie mit der Lage verhält es sich auch bezüglich des Einflusses der Bodengestaltung, insbesondere der Steilheit der Hänge, welche durch den besonderen aus der Erfahrung entnommenen Faktor α_1 berücksichtigt werden soll.

Einige Rücksicht ist noch auf das Verhältniss der Thallänge zur Thalbreite wegen des Verlaufens und der Vertheilung der Anschwellungsmassen im Thalwege zu nehmen.

Von besonderer Wichtigkeit ist die durch den Faktor α_2 bezeichnete Bodenbeschaffenheit eines Quellgebietes. Ganz abgesehen von den zuweilen bei Seitenthälern vorkommenden Fällen, dass ein Quellengebiet seinen Wasserzufluss noch aus einem anderen Regengebiet unter der Wasserscheide hindurch empfängt oder durch die nach einer andern Seite abfallenden Schichten in ein benachbartes Gebiet theilweise verliert, kommen noch Erscheinungen vor, welche nur von einem Geologen und Hydrotekten erkannt werden können, insbesondere soweit es sich um den Lauf oder Aufhalt des Wassers bei Verwerfungen, Senkungen und dergl. handelt. Hierfür können selbstverständlich keinerlei allgemein giltigen Sätze aufgestellt werden. Es versteht sich von selbst, dass das aufgefangene Quell- und Sickerwasser stets dem Streichen der wasserleitenden Schichten folgt und zunächst an denjenigen Stellen und durch diejenigen Wege seinen Abfluss ins Freie findet, welche ihm den kürzesten und ungehindertsten Abzug gestatten. Das Maass der Durchlässigkeit oder Undurchlässigkeit des Untergrundes wirkt hemmend oder befördernd auf den raschen Thalausfluss, der letztere ändert sich je nachdem das Quellengebiet einen porösen, abwärts durchlassenden und zerstreuenden, oder einen wassersammelnden und wasserführenden Untergrund aufweist.

Ein dritter Naturzustand, der die Abflussverhältnisse wesentlich beherrscht, ist der Faktor α_3 für den Cultur- oder Sterilitätszustand des Flussgebietes. Es kommen hier folgende 8 Hauptabstufungen vor:

1) Bewaldetes Terrain. 2) Waidland. 3) Aufgebrochenes Culturland und leichtes Gehölz. 4) Unkanalisirtes Sumpf- und Seegebiet. 5) Sterile, steinige (durchlassende oder undurchlassende) Oedung. 6) Schutthalden, Geröllboden. 7) Kahles (durchlassendes oder undurchlassendes) Felsgebiet.

Für die Unterscheidung des Terrains bezüglich der Steilheit genügt in der Regel die Angabe, ob Hoch-, Mittel- und Flachland, zumal auch mit der Höhenlage Niederschlagsmenge und Verdunstung sich ändern. Ist der Charakter einzelner Flussgebiete sehr verschieden, so wird am zweckmässigsten eine getrennte Berechnung für jedes derselben durchgeführt.

Der grösste und unmittelbarste Einfluss auf die Abflussmenge der Quellen und Ströme, Seen und Gletscher wird von dem Maass und der Vertheilung der Niederschläge in Regen und Schnee bedingt. Die daherigen Abstufungen sind folgende:

---

*) Vergl. auch geb. Theil S. 60 d. Herausg.

Digitized by Google

1) Mittel aller bisher beobachteten jährlichen Niederschlagsmengen in Schnee und Regen (h),

2) grösster bekannter und weit verbreiteter Landregen (= H_1),

3) grösster bekannter Niederschlag per Tag (= H_2),

4) grösster bekannter plötzlicher Schlagregen (H_3),

5) grösste bekannte Zeitdauer ununterbrochener Trockenheit.

Bezüglich der aus den meteorologischen Mittheilungen erhobenen jährlichen Regenmengen haben wir vorauszuschicken, dass wir alle darauf gestützten Resultate, mit den eigentlichen Wassermessungen verglichen, selbst in den einfachsten Fällen zu klein erfunden haben, und dass der Grund hiervon wohl darin zu suchen ist, dass ein gewisser Theil der Niederschläge von den Regenmessern nicht gemessen bezw. nicht aufgefangen wird. In nachstehenden Formeln wird daher h überall mit $^5/_4$ multiplicirt eingeführt erscheinen, da nur dann eine genauere Uebereinstimmung mit unseren Quell- und Strommessungen sich erzielen lässt. Wir verweisen zur Begründung dieser Annahme auf die Ausführungen in unserer Hauptarbeit, die wir unter Umständen zur Verfügung stellen.

Die mittlere jährliche Niederschlagshöhe eines grösseren Flussgebietes wird erhalten, wenn die Summe der Producte der Niederschlagshöhen aller einzelnen Stationen des Gebietes mit den Flächen der zugehörigen Beobachtungsbezirke ermittelt und durch die Fläche des Gesammtgebiets dividirt wird.

Aus den angestellten Beobachtungen ergibt sich, dass, von den steilen Hochalpen abgesehen, das ununterbrochene Anhalten eines mittleren Flutregens in den Niederungen weit grössere Verheerungen anrichten kann, als ein kurzer abnormer Regenniederschlag. Die stärksten im Hügelland der Schweiz beobachteten Regenmengen betrugen bis zum Jahre 1881: 150^{mm} in 24 Stunden und bei einem viertägigen ununterbrochenen Landregen 30^{mm} per Tag. Seit 1881 wurde in St. Gallen ein Niederschlag von 250^{mm} in 24 Stunden und ein viertägiger Landregen von durchschnittlich 50^{mm} pro Tag beobachtet.

In der vorzüglichen Schrift „Ueber die grössten Abflussmengen bei städtischen Abzugskanälen" von Dr. A. Bürkli wird ein Niederschlag von 200 l per Sekunde und ha (= $0{,}02^{mm}$ Regenhöhe) als diejenige Regenmenge bezeichnet, welche unter den ungünstigsten Umständen bei Berechnungen zu Grunde zu legen ist.

Es wurden ferner Schlagregen von 2^{mm} pro Minute (1876 in Zürich) und für einige Augenblicke sogar von $0{,}035^{mm}$ per Sekunde gemessen.

Solche Niederschläge verbreiten sich indess selten über Landflächen von mehr als 25 qkm und dauern auch selten mehr als 1 Stunde. Da stärkere Flutregen und zwar selbst solche, die noch zu den Landregen im Gegensatz zu den Schlagregen zu rechnen sind, ein grosses Sammelgebiet in seiner ganzen Ausdehnung um so seltener zu bedecken pflegen, je grösser es ist, so ist diese Regenhöhe mit einem Reductionscoëfficienten zu multipliciren, welcher mit der Grösse des Gebiets abnimmt. Bezeichnen wir denselben mit γ und die Gebietsoberfläche in Quadratkilometern mit F, so ergibt sich für die stärksten Tagesregen der Schweiz:

$$\gamma = \frac{114}{115 + 0{,}05\,F} + 0{,}007 \text{ u. für allg. Landregen } \gamma = \frac{7}{6 + 0{,}001\,F} + 0{,}006\ ^*).$$

Bringt man den grössten sekundlichen Niederschlag von $0{,}035^{mm}$ auf den Umfang von 1 qkm, und von $0{,}02^{mm}$ auf den Umfang von 25 qkm in Rechnung, so ergibt sich der Reductionscoëfficient $\gamma = \frac{32}{31 + F}$.

Dieser Coëfficient gibt nur für Quellengebiete < 400—450 qkm praktisch brauchbare und grössere Abflussmengen als die grösste Niederschlagsmenge von 250^{mm} in 24 Stunden. Die aus obigem Ausdruck abgeleiteten Wassermengen sind übrigens als Ultramaxima aufzufassen.

Zur Bestimmung der kleinsten Abflussmengen wurde seither selten die längste Zeitdauer vollständiger Trockenheit und der grössten (in den Sommer fallenden) Bodenverdunstung in Rechnung gebracht. Bei Seen und wasserbedeckten Sumpfflächen kann die Verdunstung an einzelnen besonders heissen und windigen Tagen bei 500^{m}

*) S. Nachtrag auf S. 40.

Meereshöhe = 10 mm und desgleichen bei 1000 m Höhe = 13 mm betragen, während bei längere Zeit andauernder Trockenheit das Mittel 5—6 mm nicht zu übersteigen pflegt. Anders verhält es sich mit der Verdunstung von nicht überschwemmtem Boden. Dieselbe nimmt bei ausbleibendem Regen sehr rasch ab und sehr bald einen geringen gleichbleibenden Werth an. Nach unseren Erfahrungen ist für die Niederungen wie für die Alpenregion das Maass der Verdunstung durch die Formel bestimmt:

$$v = H \frac{1 - p^n}{1 - p},$$

worin v die Höhe einer vom 1. bis zum nten Tag eines langen regenlosen Zeitraums im Ganzen verdunsteten Wasserschicht in Millimetern,
desgl. H die Höhe des am ersten Tag dieser Periode verdunsteten Wassers und
p das (je nach der Porosität der ausdunstenden Erdmasse von 70—38 sich vermindernde) Procent der täglichen Gewichtsabnahme im Vergleich mit der vortägigen Abwägung bezeichnet.

Für die gleiche Verdunstungsmasse und Versuchsreihe ergab sich p ziemlich genau constant, und bei einer Meereshöhe von 500 m sowie für gewöhnliche Erde = 0,53, bei einer Meereshöhe von 1000 m aber = 0,45. Ersetzt man H durch das Maximum 10 mm, so ermässigt sich doch schon nach einer Woche die tägliche Verdunstung auf ca. 0,1 mm. Die Gesammtverdunstung wird, so lange auch die Trockenperiode dauern mag, vermöge der grossen Fähigkeit des Erdbodens die Feuchtigkeit zurückzuhalten, den Werth von 21—22 mm nicht übersteigen; fällt vor Ablauf dieser Zeit ein neuer Regen, so wird zwar der hiervon nicht sofort tief eingesickerte oder von der Vegetation aufgesogene oder oberflächlich abgeführte Theil dem Boden durch Verdunstung entzogen werden, es wird jedoch der von der Erde und Pflanzenwelt aufgesogene Theil stets der grössere sein.

Die in Vorstehendem behandelten atmosphärischen Niederschläge verursachen sehr verschiedene Abfluss- und Wasserstandsverhältnisse. Die äussersten Grenz- und Mittelwerthe sind in der Schlusstabelle durch die drei Hauptkategorien: 1) denkbar kleinster, 2) denkbar grösster und 3) wirklicher Mittelwasserstand ausgedrückt worden.

Werden von grossen Stromgebieten die einzelnen Zuflussgebiete besonders berechnet, so dürfen ihre Hochwassermengen, um das Gesammtergebniss zu erhalten, nicht ohne Weiteres summirt werden. Es ist vielmehr, wenn Q die gesuchte Gesammtabflussmenge, Σ (q) die Summe der einzelnen Abflussmengen, γ den Reductionscoëfficienten und F den Flächeninhalt des Gesammtgebietes, $\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3, \ldots$ die Reductionscoëfficienten und $f_1, f_2, f_3 \ldots$ die Inhalte der Einzelngebiete bezeichnet, Q aus der Formel:

$$Q = \Sigma (q) \frac{F\gamma}{f_1 \gamma_1 + f_2 \gamma_2 + f_3 \gamma_3 + .}$$

zu berechnen.

Der durch eine Hochwasseranschwellung verursachte Mehrabfluss eines Wasser- oder eines überschwemmten Sumpfbeckens von S qkm Oberfläche per Sekunde ist angenähert

$$= \frac{100}{100 + S} \times \text{dem vermehrten Seezufluss.}$$

Diese aus mehreren Beobachtungen an schweizerischen Seen abgeleitete Näherungsformel ist indessen sehr empirisch und durch weitere unmittelbare Messungen noch näher festzustellen *).

Ist während eines grössten Regenfalls die tägliche Regenhöhe (h_r) und die gleichzeitige Seesteigung (h) in Metern beobachtet worden, so ist genauer:
die sekundliche Abflussmasse = der sekundlichen Zuflussmasse

$$- \left[\frac{1000000}{86400} \cdot S (h - h_r) = \text{ca. } 11{,}574\ S (h - h_r). \right.$$

Dieses Maass der ausgleichenden Wirkung der Seen auf den Abfluss der Hochwasser darf bei der Berechnung der Abflussmengen nicht übersehen werden.

Bei der Herleitung der Hauptformeln sind zunächst die ständigen Abflussmengen ins Auge zu fassen, wobei 5 Hauptabflussstufen zu unterscheiden sind. Wir gehen — innerhalb bestimmter Grenzen — hierbei von derjenigen Stufe aus, welche in trockenen und nassen Jahren die

*) Vergl. Cramers Untersuchungen Centralbl. 93, No. 25 A d. Hergb.

grösste Beharrlichkeit, das sogen. Quellenmaass, aufweist, welches bei Niederwasserstand die Gewässer fast ausschliesslich speist. Dieses Maass q_u ist nach unseren Erhebungen bei einer jährlichen Niederschlagshöhe von 1^m bei undurchlässigem Untergrund im Alluvialgebiet und unter mittleren Verhältnissen pro qkm und pro Sekunde = 0,007 cbm.

Für das Gebiet F in qkm und die jährliche Niederschlagshöhe h erhält man also die beim ständigen Niedrigwasser abfliessende Wassermenge

$$Q_1 = q_u \, h F.$$

Für jede andere Abflussstufe ist die Niederschlagshöhe aber noch mit einem Zustandsfaktor zu multipliciren, welcher ebensowohl den durchschnittlich abfliessenden als den augenblicklich im Erdreich zurückbleibenden Theil der Niederschlagshöhe vertritt. Diese Grösse ist sehr veränderlich und < 1, weil der Boden nie mehr Wasser abgeben kann, als er selbst erhalten hat. Bezeichnet α die vorabfliessende Wassermenge, so wird umgekehrt die zurückbleibende (theils zur Verdunstung gelangende, theils durch Boden- und Pflanzensättigung aufgebrauchte, theils auch durch Versickerung unterirdisch abfliessende) Wassermenge $= 1 - \alpha$. Um die nachher noch abfliessende Wassermenge zu erhalten, ist jedoch ausser $1 - \alpha$ noch die auf die angegebene Weise verloren gehende Wassermenge ς in Rechnung zu bringen. Die kleinste (in 100 Jahren vielleicht einmal eintretende) Abflussmenge ergibt sich demnach aus der Formel:

$$Q_0 = (1 - \alpha)\,(1 - \varsigma)\, q_u \, h F,$$

worin F auch auf Gletschergebiete sich erstreckt.

Eine zweite ziemlich beständige Stufe ist der wirkliche Mittelwasserstand, welcher der Theilung der durchschnittlichen Summe aller Jahresniederschläge in Regen und Schnee durch die jährliche Sekundenzahl entspricht. Es wäre demnach die Abflussmenge bei diesem idealen Mittelwasserstand, mit dem Zustandsfaktor α multiplicirt, $= \frac{1000000 \, F}{31536000} \, \alpha h = 0{,}0317 \, \alpha h F.$

Da jedoch statt h, siehe oben, $^5/_4$ h zu setzen und in den Gletschergebieten noch der Gletscherzufluss zuzurechnen ist, welcher nach unseren Untersuchungen durchschnittlich 0,037 cbm pro Sekunde und qkm Gletscherfläche (f) beträgt (die durch die Grundschmelze abfliessende Wassermenge ist hierbei im Niedrigwasser schon inbegriffen), so ist die wirkliche mittlere Abflussmenge

$$Q_2 = 0{,}0317 \, \alpha \frac{5h}{4} F + 0{,}037 \, f = 0{,}0396 \, \alpha h F + 0{,}037 \, f.$$

Es bleibt jedoch dieses Mittel ziemlich tief unter dem durch den Pegel ermittelten Mittelwasserstand und hinter der letzterem entsprechenden Abflussmenge zurück.

Bei der Berechnung der veränderlichen Hochwassermengen sind namentlich die von plötzlichen Hochfluthregen oder von lange anhaltenden und weitverbreiteten Landregen oder von ausserordentlichen Schnee- und Gletscherschmelzen herrührenden Anschwellungen zu unterscheiden. Die bekannten höchsten Regenfälle in den Niederungen und im Hügelland der Schweiz betragen, wie bereits früher angegeben:

1) bei ununterbrochenem Landregen von 4 Tagen Dauer durchschn. 50^{mm} pro Tag, wobei u. Umst. schon am vorletzten Tag die volle Regenmasse zum Abfluss kommen kann,
2) bei starken tagelangen Regen 250^{mm} in 24 Stunden und
3) bei sehr kurzen heftigen Schlagregen $2{,}12^{mm}$ pro Minute.

Bezeichnen wir diese Regenhöhen mit H_1, H_2 und H_3, so dürfen wir mit Rücksicht auf die sehr verschiedene Ausdehnung dieser Regenfälle H_1 nur mit dem Reductionsfaktor $\gamma_1 = \frac{7}{6 + 0{,}001 \, F} + 0{,}006$ *) und H_2 mit $\gamma_2 = \frac{114}{115 + 0{,}05 \, F} + 0{,}007$ endlich H_3 mit $\gamma_3 = \frac{32}{31 + F}$ in Rechnung bringen, welche Faktoren empirische Interpolationscurven darstellen, die durch gewisse durch die Erfahrung bestimmte Punkte hindurchgehen. Diese Formeln bieten wenigstens denselben Genauigkeitsgrad wie die direkten

*) S. Nachtrag auf S. 40.

Digitized by Google

Wassermessungen bei Hochwasser, da die Geschiebführung keine auch nur auf 10 bis 30% genaue Messung der wirklichen Abflussmengen zulässt. Selbstverständlich muss bei dem Maass der Anschwellung der vor ihrem Beginn schon vorhanden gewesene Wasserstand, namentlich in Folge der Gletscherschmelze, in Rechnung gezogen werden. Die durch letztere zugeführte Wassermenge ist — eine Gletscherlufttemperatur von 14 bis 25° C. vorausgesetzt — zu circa 0,05 f, 0,12 f bis 0,2 f anzunehmen. Wenn Q_m die vor der Anschwellung abgelaufene Wassermenge bezeichnet, sind den für die drei ausserordentlichen Niederschläge zu erwartenden Abflussmengen folgende Formeln zu Grunde zu legen:

1) Q_3 (maximaler Landregen) $= Q_m + \gamma_1 H_1 F + 0{,}20\, f$, wobei $\gamma_1 H_1 = \left(\frac{7}{6 + 0{,}001\ F} + 0{,}006\right)$ *) $\cdot \frac{0{,}050^m}{86400}$. In dem Ausdruck für Q_3 ist der Coëfficient α weggelassen worden, weil die Regenmenge des letzten Tages als voll ablaufend zu betrachten ist. Da bei diesem Fall auch der Abfluss (Q_m) Tags zuvor ein höherer ist, so ist H_1 $1^2/_3$ Mal höher, d. h. $= 0{,}083^m$ angenommen und dafür Q_m eliminirt worden.*)

2) Q_4 (maximaler Tagesregen) $= Q_m + \alpha \gamma_2 H_2 F + 0{,}12\ f$, wobei $\gamma_2 H_2 = \left(\frac{114}{115 + 0{,}05\ F} + 0{,}007\right) \cdot \frac{0{,}250^m}{86400}$ zu setzen ist, endlich

3) Q_5 (ausserordentlicher Schlagregen) $= Q_m + \alpha H_3 \gamma_3 F + 0{,}05\ f$, worin $\gamma_3 H_3 = \frac{32}{31 + F} \cdot 0{,}000035$ pro Sek.

Hieraus ergeben sich folgende Haupt-Abflussformeln:

I. Abflussmenge beim denkbar niedrigsten (kann alle 100 Jahre einmal eintreten) Niederstand:

$$Q_0 = (1 - \alpha)\ (1 - \varsigma)\ q_u\, h F.$$

II. Abflussmenge des mittleren Niedrigstwasserstandes:

$$Q_1 = q_u\, h F.$$

III. Abflussmenge des theoretischen, aus der jährlichen Niederschlagsmenge abgeleiteten Mittelwasserstandes:

$$Q_2 = 0{,}03964\ \alpha h F + 0{,}037\, f.$$

IV. Ausserordentliche Hochwasserabflussmengen:

1) Q_3 (4tägiger Landregen von täglich 50^{mm} Höhe)

$$= 0{,}96\ F \left(\frac{7}{6 + 0{,}001\ F} + 0{,}006\right)^*) + 0{,}2\, f,$$

2) Q_4 (ausserord. Tagesregen von 250^{mm} per 24 Stunden)

$$= Q_m + 2{,}9\ \alpha F \left(\frac{114}{115 + 0{,}05\, F} + 0{,}007\right) + 0{,}12\, f,$$

3) Q_5 (ausserord. 1stündiger Schlagregen von $0{,}035^{mm}$ per Sek.)

$$= Q_m + \alpha F \frac{32}{31 + F} \cdot 35 + 0{,}05\, f.$$

Bemerkung. Die sub IV stehenden Formeln beruhen auf den grössten erlebten Niederschlägen der Schweiz. Für Länder mit andern Maximal-Niederschlägen muss Q_3, Q_4, Q_5 mit $\frac{H^1}{H}$ multiplicirt werden, wobei H die obigen (schweizerischen) und H^1 die ausländischen Fluthregenhöhen bezeichnet.

Von den drei letzten Formeln ist nur die erste für Flussgebiete über ca. 5000 qkm anzuwenden.

Die stärksten Schlagregen (Q_4 und Q_5) vermögen die unteren Stromläufe — sehr grosse Regengebiete vorausgesetzt — nicht auf ihre höchsten Wasserstände zu erheben, wie dies bei Q_3 der Fall ist.

Handelt es sich um die Bestimmung von Profilen, wobei keine Ueberschwemmung vorkommen darf, so ist nach der Formel zu rechnen, welche für den betreffenden Ort die grösste Abflussmenge ergibt.

Von besonderer Wichtigkeit ist die Einschaltung des Zurückhaltungsfaktors für solche Gebiete, welche grössere See- oder Sumpfflächen enthalten.

---

*) S. Nachtrag auf S. 40.

Digitized by Google

Ausser den schon oben angegebenen Coëfficienten ist noch der Verzögerungsfaktor δ, bedingt durch die Länge des Wasserlaufs in den langgedehnten Flussgebieten, und ein auf die Jahreszeit sich beziehender Faktor f in Rechnung zu ziehen, welche hauptsächlich das Maass der Verminderung oder Vermehrung des abfliessenden Theiles der Niederschläge beeinflussen.

In Betreff des Verzögerungsfaktors δ lassen sich nach den bisher gemachten ungenügenden Untersuchungen einigermaassen zuverlässige und allgemein verwendbare Angaben nicht machen.

Der je nach den Jahreszeiten sich ändernde Faktor f beträgt für schweizerische Verhältnisse für die Monate

Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
0,93	0,89	0,80	0,63	0,58	0,56	0,55	0,56	0,59	0,72	0,98	0,95.

Mit diesen Constanten sind aber nur diejenigen augenblicklichen Regenfälle zu multipliciren, deren Einfluss mit demjenigen in anderen Jahreszeiten verglichen werden kann.

Die bei diesem Verfahren vorkommenden Berechnungen können selbstverständlich unvorhergesehene klimatische Vorgänge, z. B. das Einfallen eines kalten, Regen in Schnee umwandelnden Windes und dergl., oder den Eintritt eines warmen Regens auf frisch gefallene grosse Schneemassen nicht berücksichtigen und ebenso auch keine anderen Ausnahmsfälle.

Schlussbemerkungen.

Um die Anwendung der vorstehenden Formeln zu erleichtern, ist die auf Seite 34 eingeheftete Uebersicht zusammengestellt worden, welche für alle Arten von Fluss- und Quellgebieten die entsprechenden denkbar grössten, mittleren und denkbar kleinsten Abflussmengen pro qkm und Sekunde angibt.

Eine Uebereinstimmung der theoretischen Formelwerte mit den Ergebnissen der Strommessungen wird so lange nicht erzielt werden, bis in beiden Verfahrungsweisen nicht gewisse einheitliche Grundsätze und wesentlich verbesserte Methoden angenommen werden. So dürfen z. B. zu Strommessungen Flügel nicht verwendet werden, wenn das strömende Wasser Sand mit sich führt.

Bezüglich der noch unerörterten Zwischenstufen zwischen den Abflussmengen Q_0 bis Q_4 lässt sich vorerst das für die Industrie wichtigste Mittel der Kleinwassermengen durch die Formel $Q_{1/2} = 0{,}5\,(Q_1 + Q_2)$ ermitteln; während die mittleren Hochwasserstände von der Terrainbeschaffenheit und von den stärkeren und allgemeineren Niederschlägen beeinflusst werden. Diese Mittelstufe lässt sich als eine Function von Q_2 und von F durch die Gleichung:

$$Q^{2}/_{3} = \left(\frac{14{,}4}{3{,}6 + 0{,}0001\,.\,F} + 1\right) Q_2$$

ermitteln, ein Ausdruck, welcher jedoch für Seegebiete noch zu reduciren ist.

Obgleich die voranstehenden Berechnungen in erster Linie auf die Gletscher- und Alpenwelt passen, deren Ströme überdies zu ganz anderen Zeiten und in ganz anderer Weise anzuschwellen und abzunehmen pflegen, als die Flachlandströme, so werden sie doch bei gehöriger Berücksichtigung der örtlichen Niederschlagshöhen (s. Bem. 4 der Schlusstabelle) auch für die Niederungen annehmbare Zahlen liefern.

Nachtrag.

Seit dem ersten Erscheinen dieser Abhandlung hat sich bei der weiteren Ausdehnung unserer Untersuchungen ergeben, dass die Formel (Q_3) für die lang dauernden maximalen Landregen noch etwas näher präcisirt werden sollte. Dieselbe ist nun (nach Wiedereinführung von Q_m und α) in folgender Gestalt auf S. 36 am Platze des früheren Ausdruckes einzusetzen:

$$Q_3 = Q_m + \alpha F \gamma_1 + 0{,}2f = Q_n + \alpha F \frac{1 + 0{,}5\,F_1}{1 + F_1\,(1 + 0{,}1\,F_1)} + 0{,}2\,f,$$

wobei $F_1 = 0{,}0001\,F$ anzunehmen ist.

Auch hier ist Q_3 schliesslich durch Multiplikation mit $\frac{H^1}{50}$ auf die analoge Regenhöhe H^1 des zu berechnenden Flussgebietes zu reduciren, wobei H^1 die grösstbekannte tägliche Regenhöhe eines 3- bis 4tägigen allgemeinen und ununterbrochenen Landregens bezeichnet. D. Verf.

Digitized by Google

IIb. Die grössten Wassermengen.

Von E. Cramer, Regierungs- und Baurath in Breslau.

Bezeichnet F die Grösse eines Niederschlagsgebietes, f die Grösse seines Ueberschwemmungsgebietes in qkm, h seine mittlere jährliche Niederschlagshöhe in ^{m}, n seine mittlere Höhenlage, n_1 die Höhenlage seiner Abflussstelle und l die mittlere Länge des Weges, welchen die Niederschläge bis zur Abflussstelle zurückzulegen haben, so dass mit $\sin \alpha = \frac{n - n_1}{l}$ das mittlere Gefälle des Niederschlagsgebietes bezeichnet werden kann, so ist die grösste sekundliche Abflussmenge desselben in cbm annähernd: *)

$$\text{I. } M = \frac{F\,\mu\,.\,h\,.\,k\,.\sqrt[3]{\sin \alpha}}{9 + \sqrt[3]{F\,\mu\,h}}.$$

In dieser Formel bezeichnet k eine Zahl, welche bei Niederschlagsgebieten von natürlich rauher Oberfläche, wie solche bei Flüssen und Bächen fast allein in Betracht kommen = 80, bei solchen mit geebneter und befestigter Oberfläche, wie solche die Dächer, Strassen und Plätze einer Stadt in der Regel darbieten, = 300 zu setzen ist.

Der Werth μ ist in gewöhnlichen Fällen, wenn das Ueberschwemmungsgebiet annähernd gleichmässig in dem Niederschlagsgebiete vertheilt ist,

$$\text{II. } \mu = 1 - \sin\left(\text{tg} \,.\, 18\frac{f}{F\,h}\right), \text{ dagegen}$$

$$\text{III. } \mu_1 = 1 - \sin \,.\, \text{tg} \,.\, 36\frac{f_1}{F_1\,h},$$ wenn es sich darum handelt, den Einfluss einer einzelnen am unteren Endpunkte des Niederschlagsgebietes F_1 befindlichen Ueberschwemmungsfläche f_1, beispielsweise den Einfluss des Bodensees auf den Hochwasserabfluss aus demselben, zu bestimmen.

Dem Einflusse der in dem Niederschlagsgebiete etwa vorhandenen Gletscherflächen ist dadurch Rechnung zu tragen, dass 0,9 dieser Flächen von dem Niederschlagsgebiete in Abzug gebracht werden.

Einige Beispiele mögen die Anwendung des Vorstehenden erläutern:

1. Für das 5 qkm grosse Niederschlagsgebiet eines kleinen Gebirgsbaches habe man ermittelt:

$$f = 0{,}02 \text{ qkm}, \; h = 0{,}9^{m}, \; \sin \,.\, \alpha = 0{,}216,$$

so erhält man:

$$\mu = 1 - \sin \,.\, \text{tg} \,.\, \frac{18\,.\,0{,}02}{5\,.\,0{,}9} = 0{,}92,$$

daher

$$M = \frac{5\,.\,0{,}92\,.\,0{,}9\,.\,80\sqrt[3]{0{,}216}}{9 + \sqrt[3]{5\,.\,0{,}92\,.\,0{,}9}} = 18{,}8 \text{ cbm},$$

$$\text{d. i. } \frac{18{,}8}{5} = 3{,}76 \text{ cbm auf das qkm.}$$

2. Für die Spree bei Berlin ist annähernd $F = 9700$, $f = 436$, $h = 0{,}50$, $\sin \,.\, \alpha = 0{,}000186$, daher

$$\mu = 1 - \sin \,.\, \text{tg}\,\frac{18\,.\,436}{9700\,.\,0{,}5} = 0{,}149 \text{ und}$$

$$M = \frac{9700\,.\,0{,}149\,.\,0{,}5\,.\,80\sqrt[3]{0{,}000186}}{9 + \sqrt[3]{9700\,.\,0{,}149\,.\,0{,}5}} = 183 \text{ cbm},$$

$$\text{d. i. } \frac{183}{9700} = 0{,}019 \text{ cbm auf 1 qkm.}$$

3. Das Niederschlagsgebiet der Aare bei ihrer Mündung in den Rhein umfasst 17615 qkm. Von diesen liegen etwa 10000 qkm mit 500 qm Gletscher oberhalb der grossen, gegen 710 qkm umfassenden Seen des Aaregebietes. Für diesen oberen Theil des Niederschlagsgebietes ist $h = 1{,}50^{m}$. Man hat daher für diesen Theil zunächst

*) Für die Anwendung s. Tabelle S. 43.

Digitized by Go

$$\mu_1 = 1 - \sin . \operatorname{tg} . 36 \frac{710}{(10000 - 0{,}9 . 500)\ 1{,}50} = 0{,}128,$$

daher $F_1 \mu_1 = (10000 - 0{,}9 . 500) . 0{,}128 = 1222$ qkm,
d. h. der obere 10000 qkm umfassende Theil des Niederschlagsgebietes ist bei der Berechnung der grössten sekundlichen Abflussmenge einem von Gletschern und Seen freien Gebiete von 1222 qkm gleich zu rechnen.

Der untere 7615 qkm grosse Theil des Niederschlagsgebietes hat die mittlere Regenhöhe 1,10; daher ist die mittlere Regenhöhe des in Rechnung zu stellenden $1222 + 7615 = 8837$ qkm grossen Gesammtgebietes

$$h = \frac{1222 . 1{,}50 + 7615 . 1{,}10}{8837} = 1{,}15^{m}.$$

Man hat ferner $\frac{f}{F} = 0{,}015$; $\sin \quad = 0{,}0045$,

daher $\mu = 1 - \sin . \operatorname{tg} . \frac{18 . 0{,}015}{1{,}15} = 0{,}772$ und

$$M = \frac{8837 . 0{,}772 . 1{,}15 . 80 \sqrt[3]{0{,}0045}}{9 + \sqrt[3]{8837 . 0{,}772 . 1{,}15}} = 3539 \text{ cbm.}$$

4. Wenn das Ueberschwemmungsgebiet eines Flusses durch Eindeichungen oder Beseitigung von Deichen eine Veränderung f erleidet, so bezeichnen die Ausdrücke $\sin . \operatorname{tg} . 18 \frac{f}{F h}$ bezw. $\sin . \operatorname{tg} 36 \frac{f}{F h}$ annähernd die Verhältnisszahl, um welche die sekundliche grösste Abflussmenge durch jene Veränderung vergrössert oder verringert wird.

Beispielsweise sind dem Ueberschwemmungsgebiete der Oder seit dem bekannten grössten Hochwasser des Jahres 1854 zwischen Oderberg und Breslau annähernd 150 qkm durch Eindeichung entzogen worden. Die grösste sekundliche Abflussmenge dieses Hochwassers ist bei Breslau auf 2300 cbm geschätzt worden. Es ist ferner $F = 21580$ qkm, $h = 0{,}68^{m}$ und daher die in Folge jener Eindeichungen zu erwartende Vergrösserung der sekundlichen Abflussmenge

$$m = 2300 . \sin \operatorname{tg} . \frac{18 . 150}{21580 . 0{,}68} = 423 \text{ cbm.}$$

Würden dem Ueberschwemmungsgebiete unmittelbar oberhalb Breslau noch weitere 20 qkm durch Eindeichung entzogen, so würde hierdurch eine abermalige Vergrösserung der sekundlichen Abflussmenge um

$(2300 + 423) \sin . \operatorname{tg} . \frac{36 . 20}{21580 . 0{,}68} = 133$ cbm zu erwarten sein.

5. Da in gut entwässerten Städten Ueberschwemmungen durch Ueberfüllung der Kanäle nicht vorkommen sollen, so ist hier $f = 0$, daher $\mu = 1$ zu setzen. Man hat alsdann:

$$M = \frac{F . h . 300 \sqrt[3]{\sin . \alpha}}{9 + \sqrt[3]{F h}}$$

und die grösste Abflussmenge auf das qkm

$$M_1 = h . \frac{300 \sqrt[3]{\sin . \alpha}}{9 + \sqrt[3]{F h}}.$$

Zur Bestimmung des Werthes $\sin \alpha$ darf man annehmen, dass das Niederschlagsgebiet durchschnittlich 3^{m} über dem Hochwasserspiegel der Kanäle liegt. Bezeichnet nun $\sin \beta$ das mittlere Gefälle des Kanalnetzes, dessen grösste Abflussmenge bestimmt werden soll, so kann man mit ausreichender Genauigkeit $\sin \alpha = \frac{3 + 1000 \sin \beta \sqrt{F}}{3 + 1000 \sqrt{F}}$ setzen.

Man erhält dann für $h = 1{,}0^{m}$ und verschiedene Werthe von F und $\sin \beta$ die in der folgenden Tabelle angegebenen grössten sekundlichen Abflussmengen in städtischen Kanälen

Digitized by Google

F = qkm	sin β 0,020	0,010	0,008	0,006	0,004	0,002	0,001	0,0005
	Grösste Abflussmengen auf 1 qkm in cbm.							
50	6,8	5,2	4,8	4,4	3,9	3,2	2,7	2,3
10	7,4	6,0	5,6	5,1	4,6	3,9	3,4	3,0
5	7,8	6,3	5,9	5,4	4,9	4,2	3,7	3,4
2	8,2	6,7	6,3	5,8	5,4	4,7	4,3	4,0
1	8,5	7,0	6,6	6,2	5,7	5,1	4,8	4,5
0,4	9,0	7,5	7,2	6,8	6,4	5,8	5,5	5,3
0,2	9,3	8,0	7,7	7,3	6,9	6,5	6,2	6,0
0,1	9,8	8,5	8,2	7,9	7,6	7,3	6,9	6,8
0,01	11,7	11,0	10,8	10,6	10,5	10,3	10,2	10,1
0,001	20,8	20,6	20,5	20,5	20,5	20,4	20,4	20,4
$\frac{1}{\infty}$	33,3	33,3	33,3	33,3	33,3	33,3	33,3	33,3

Für andere Werthe von h erhält man die grössten Abflussmengen hinreichend genau, wenn man die entsprechenden Zahlen der vorstehenden Tabelle mit h multiplicirt.

Der Werth 33,3 h, welcher dem Niederschlagsgebiet $F = \frac{1}{\infty}$ angehört, bezeichnet gleichzeitig die grösste sekundliche Niederschlagsmenge auf 1 qkm und entspricht der sekundlichen Niederschlagshöhe 0,0333 h Millimeter. Dieselbe ist naturgemäss etwas grösser, als die durch Regenmesser beobachtete sekundliche Niederschlagshöhe, da der Abfluss in letzteren durch die Form derselben stets etwas verzögert wird.

Die Berechnung der Werthe von μ und bezw. μ_1 wird durch den Gebrauch der nachstehenden Tafel erleichtert.

$\frac{f}{Fh}$	$\mu = \frac{f}{1 - \sin tg\ 18 \frac{f}{Fh}}$	$\mu_1 = \frac{f}{1 - \sin tg\ 36 \frac{f}{Fh}}$	$\frac{f}{Fh}$	$\mu = \frac{f}{1 - \sin tg\ 18 \frac{f}{Fh}}$	$\mu_1 = \frac{f}{1 - \sin tg\ 36 \frac{f}{Fh}}$	$\frac{f}{Fh}$	$\mu = \frac{f}{1 - \sin tg\ 18 \frac{f}{Fh}}$	$\mu_1 = \frac{f}{1 - \sin tg\ 36 \frac{f}{Fh}}$	$\frac{f}{Fh}$	$\mu = \frac{f}{1 - \sin tg\ 18 \frac{f}{Fh}}$	$\mu_1 = \frac{f}{1 - \sin tg\ 36 \frac{f}{Fh}}$
0,001	0,982	0,964	0,026	0,576	0,317	0,051	0,324	0,122	0,076	0,193	0,060
0,002	0,964	0,928	0,027	0,563	0,303	0,052	0,317	0,118	0,077	0,189	0,059
0,003	0,946	0,893	0,028	0,550	0,290	0,053	0,310	0,114	0,078	0,186	0,058
0,004	0,928	0,857	0,029	0,537	0,278	0,054	0,303	0,111	0,079	0,182	0,056
0,005	0,910	0,823	0,030	0,525	0,266	0,055	0,296	0,108	0,080	0,179	0,055
0,006	0,893	0,789	0,031	0,513	0,255	0,056	0,290	0,104	0,081	0,175	0,053
0,007	0,875	0,756	0,032	0,501	0,245	0,057	0,284	0,101	0,082	0,172	0,054
0,008	0,857	0,724	0,033	0,489	0,235	0,058	0,278	0,098	0,083	0,169	0,052
0,009	0,840	0,692	0,034	0,478	0,226	0,059	0,272	0,095	0,084	0,166	0,051
0,010	0,823	0,661	0,035	0,467	0,217	0,060	0,266	0,093	0,085	0,163	0,050
0,011	0,806	0,632	0,036	0,457	0,208	0,061	0,260	0,090	0,086	0,160	0,049
0,012	0,789	0,603	0,037	0,447	0,200	0,062	0,255	0,088	0,087	0,157	0,048
0,013	0,772	0,576	0,038	0,437	0,193	0,063	0,250	0,085	0,088	0,155	0,047
0,014	0,756	0,550	0,039	0,426	0,186	0,064	0,245	0,083	0,089	0,152	0,046
0,015	0,740	0,525	0,040	0,416	0,179	0,065	0,240	0,081	0,090	0,149	0,045
0,016	0,724	0,501	0,041	0,406	0,172	0,066	0,235	0,079	0,091	0,146	0,044
0,017	0,708	0,478	0,042	0,397	0,166	0,067	0,230	0,077	0,092	0,144	0,043
0,018	0,692	0,457	0,043	0,388	0,160	0,068	0,226	0,075	0,093	0,141	0,042
0,019	0,676	0,437	0,044	0,379	0,155	0,069	0,221	0,073	0,094	0,139	0,041
0,020	0,661	0,416	0,045	0,370	0,149	0,070	0,217	0,071	0,095	0,137	0,040
0,021	0,646	0,397	0,046	0,362	0,144	0,071	0,212	0,069	0,096	0,135	0,040
0,022	0,632	0,379	0,047	0,354	0,139	0,072	0,208	0,067	0,097	0,133	0,039
0,023	0,618	0,362	0,048	0,346	0,135	0,073	0,204	0,065	0,098	0,130	0,038
0,024	0,603	0,346	0,049	0,338	0,130	0,074	0,200	0,063	0,099	0,128	0,037
0,025	0,589	0,331	0,050	0,331	0,126	0,075	0,196	0,062	0,100	0,126	0,036

Anmerkung des Herausgebers. Die nach den Cramer'schen Angaben aufgestellten, bei preussischen Meliorationen in der Neuzeit vielfach erprobten Berechnungen weisen in vielen Fällen, ebenso wie die Untersuchungen von Pascher, recht erhebliche Abweichungen gegen die Berechnungen nach Lauterburg auf.

Digitized by Google

III. Wasserbau.

Normalhorizonte.

Der preussische Normalhöhenpunkt befindet sich an der Sternwarte in Berlin und soll 37^{m} über dem Nullpunkt des Amsterdamer Pegels (dem Normalnullpunkt — N N) liegen. Auf letzteren Punkt sind alle das öffentliche Interesse berührenden Nivellements zu beziehen. Nach Baeyer liegt jedoch der für Preussen angenommene Normalnullpunkt N N noch um 0,186^{m} tiefer als der N.-Punkt des Amsterdamer Pegels (P N A). Da nun N N um 1,060^{m} über dem Pegelnull von Swinemünde (P N Sw) liegt, so liegt P N A um 1,246^{m} über P N Sw (siehe Wochenschr. d. Oesterr. Ing.-Ver. 1885, No. 42), ferner 3,513^{m} über dem zu Neufahrwasser.

Der Nullpunkt des bayrischen Normalhorizonts liegt 862^{m} über dem Meeresspiegel in den Lagunen bei Venedig und 861,0798^{m} über dem Amsterdamer Pegel. Der Bodenseepegel bei Lindau liegt 466,976^{m} unter dem bayrischen Normalhorizont, also auf den Amsterdamer Pegel bezogen in einer Höhe von 394,104^{m}.

Der österreichische Normalhorizont ist auf den Mittelwasserstand in Triest basirt und liegt ca. 0,499^{m} unter Mittelwasser von Swinemünde (M W Sw).

In Elsass-Lothringen liegt das Nivellement general de la France bei Bestimmung der Meereshöhen zu Grunde, und zwar liegt der Nullpunkt von Marseille um 0,809^{m} und der von Havre 0,526^{m} tiefer als der Amsterdamer Pegel. Nach den neuesten Nivellements liegt das Mittelwasser (M W) von Marseille um 0,661^{m} niedriger als dasjenige von Swinemünde.

Nach den im Jahre 1883 ausgeführten Gradmessungsarbeiten liegt der Wasserspiegel der Ostsee nach dem von Swinemünde aus über die Schweiz geführten Nivellement um + 0,664^{m} höher als der des Mittelmeeres, bezw. nach dem über Amsterdam geleiteten um 0,558^{m},

und der 0-Punkt des Amsterdamer Pegels + 0,242^{m} über dem Mittelwasser von Swinemünde,

das Mittelwasser der Nordsee am Amsterdamer Pegel + 0,093^{m} über der Ostsee, desgleichen bei Ostende um 0,066^{m};

nach dem Nivellement von Swinemünde über Eger nach Triest liegt die Ostsee über dem adriatischen Meere + 0,499^{m}.

Meteorologische und hydrologische Notizen.

Regenhöhe und Vertheilung der Niederschläge.

Die Dichtigkeit des Regenfalls und die zeitliche Vertheilung der Niederschläge ist eine äusserst ungleichmässige. Die meteorologischen Beobachtungen sind zur Zeit noch sehr lückenhaft, namentlich so weit es sich um die für hydrotechnische Zwecke so wichtigen Meistniederschläge handelt, ebenso fehlt es an vielen Orten noch an Erhebungen über die bei verschiedenen Wasserständen und zu verschiedenen Zeiten abfliessenden Wassermengen, weshalb eine zusammenhängende Darstellung der betreffenden Verhältnisse noch nicht gegeben werden kann.

Nach Murray ergibt sich ein Wachsen der Regenhöhen beim Uebergang aus den kälteren in die wärmeren Zonen, das besonders beim Eintritt in die Zone von 50—60° nördlicher geogr. Breite, noch mehr aber nach dem Aequator zu stattfindet, derart, dass z. B. die jährliche Regenhöhe in ^{mm} in der Zone 60—70° N. geogr. Breite 370^{mm}, desgl. bei 50—60° — ⁝ · 550^{mm}, 10—20° — ⁝ · 950^{mm}, 0—10° 1970^{mm} beträgt. Die jährlichen auf die einzelnen Erdtheile entfallenden Regenhöhen betragen nach Murray in Südamerika 1670^{mm}, in Afrika 825^{mm}, in Nordamerika 730^{mm}, in Europa 615^{mm}, in Asien 556^{mm} und in Australien 520^{mm},

Digitized by Google

Ueber den Einfluss der Höhenlage theilt Studnicka mit, dass für Böhmen auf je 100 m Höhenzunahme die Regenhöhe um 69 mm wächst. Lage der Bodenneigung gegen herrschende Regen-Windrichtung von grossem Einfluss (Regenschatten). Im Walde grössere Niederschlagshöhen (nach Studnicka 25—33%, nach Mathieu und Fautrat nur 6—8% mehr) wie im freien Lande, aber dafür geregelterer und wesentlich geringerer freier Abfluss.

Die jährliche Regenhöhe wechselt sehr beträchtlich, sie beträgt in Berlin 60 cm, in Süddeutschland 80 cm, im westlichen Preussen 58 cm, in den Rheinlanden 65 cm, im Durchschnitt in Deutschland 67—68 cm; hiervon entfallen 18% auf den Winter, 23% auf das Frühjahr, 36% auf den Sommer (Juni, Juli und August) und 23% auf den Herbst.

Die kleinste Regenmenge fällt nach Hellmann in Süddeutschland auf den im Regenschatten des Hunsrücks und der Haardt liegenden sehr waldreichen Theil von Rheinhessen, in Norddeutschland auf das Gebiet nördlich von Thorn, in Mitteldeutschland auf die Umgebung von Bernburg und von Riesa an der Elbe. An letzterem Ort beträgt die Regenmenge nur 42 cm.

Die grössten Trockengebiete befinden sich im mittleren Böhmen und in den Grenzlanden von Mähren und Niederösterreich, woselbst der Jahresniederschlag an einzelnen Orten 38 cm nicht übersteigt. Nach Hellmann bilden ferner einzelne Bezirke in den Glatzer, Lausitzer und Elbsandsteingebirgen, im Rothhaargebirge, Spessart, Thüringer Wald, Erzgebirge, Teutoburger Wald, auf der Rhön und der schwäbischen Alb mit 100—130 cm Niederschlag den Uebergang zu den regnerischen Gebieten Deutschlands, welche hauptsächlich an den bayrischen Voralpen (Kreut 210 cm) und am West- und Nordwestabhang der Allgäuer Alpen (Reichenhall 130 cm, Isny 141 cm), am Südabhang der Schneekoppe (150 cm), im Oberharz (Clausthal 137 cm, Brockengipfel 167 cm), Theile des Böhmer und bayrischen Waldes (150 cm), hauptsächlich aber im Schwarzwald, Schweigmatt (167 cm) und in den Vogesen anzutreffen sind. Zwischen Baden-Baden und Freudenstadt beträgt der Niederschlag 140—166 cm.

Nach „van Bebber" beträgt die jährliche Regenhöhe im norddeutschen Tiefland im Mittel 613 mm, im mitteldeutschen Gebirgsland 690 mm, im süddeutschen Tiefland 825 mm; die mittlere Regenhöhe von ganz Deutschland kann zu ca. 660 mm, diejenige von Oesterreich zu 753 mm angenommen werden.

In Süddeutschland bestehen erhebliche Unterschiede zwischen Ebene, Hochplateau und Gebirge; dies ist besonders in Baden bemerkbar, wo selbst die dem Rhein bezw. dem Südwestwind zugekehrte Seite des Schwarzwalds besonders reich an Niederschlägen ist. Das Rheinthal weist z. B. Niederschlagshöhen von 600—800 mm, der östlich anstossende Schwarzwald dagegen von 1200—1800 mm auf; die Regenmenge nimmt hier mit der Bodenerhebung zu. Im Flachland herrschen die Sommerregen, im Gebirg die Herbst- und Winterniederschläge vor.

Nach Hellmann darf eine monatliche Niederschlagsmenge für das ebene Norddeutschland von 200 mm als nicht eben selten angenommen werden; zuweilen wird sogar der Betrag von 300 mm überstiegen.

In den monatlichen Niederschlägen zeigt sich eine gewisse Stetigkeit, indem hier Juli und August am regenreichsten, die Monate Januar und März am regenärmsten zu sein pflegen. In Klausthal im Harz wurde dagegen ein Monatsmaximum von 456 mm im Januar beobachtet. Im gebirgigen Schlesien wurden die Monatsmaxima im Juli, in Neurode z. B. mit 320 mm, auf der Schneekoppe mit 444 mm gefunden.

Nach C. Lang beträgt das Monatsmaximum nach einem 34jährigen Durchschnitt in Bayreuth 88,54 mm, in München 122,43 mm je für den Juni. Ein im Schwarzwald (Freudenstadt) beobachtetes Monatsmaximum betrug 666 mm (vergl. auch für das westphälische Becken die Abhandlung von Michaelis, Zeitschrift für Bauwesen von 1882).

In Norddeutschland darf man annehmen, dass von der gesammten Regenmenge ca. 20% auf den Winter, 22% auf das Frühjahr, 33% auf den Sommer und 25% auf den Herbst entfallen.

Digitized by Google

Meistwerthe der stündlichen und täglichen Niederschläge.

Nach Hellmann (s. Zeitschrift des preuss. statist. Bureaus, Jahrgang 1884) wurden an nachstehenden Orten die beigesetzten Maximal-Niederschläge in einem ca. 30jährigen Beobachtungszeitraum beobachtet:

	Tägl. Meistwerthe i. mm.	Stündl. Meistwerthe i. mm.
Preussen.		
Tilsit	78	28
Königsberg	69	69
Klaussen b. Lyck	100	—
Berlin	67	—
Frankfurt a. d. O.	94	—
Köslin	79	—
Stettin	85	—
Kolberg	102	56
Bromberg	47	—
Posen	83	72
Görlitz	68	—
Ratibor	89	45
Breslau	95	63
Beuthen	110	37
Hausdorf	140	—
Schneekoppe	227	—
Torgau	63	60
Salzwedel	78	—
Halle	89	—
Flensburg	65	—
Kiel	100	71
Hannover	62	—
Emden	60	—
Klausthal	116	—
Buchenberg	248	86
Frankfurt a. M.	69	—
Schluchtern	125	42
Köln	63	—
Trier	73	73
Rostock	69	—
Schwerin	76	—
Hamburg	86	—
Oldenburg	62	—
Gotha	58	—
Ballenstedt	102	—
Giessen	116	—
Kgr. Sachsen.		
Freiberg	59	—
Leipzig	74	—
Dresden	84	82
Plauen	69	—
Bischdorf	104	—
Bayern.		
Hof	62	—
Speyer	69	—
Nürnberg	70	—
Regensburg	50	—
Augsburg	50	—
München	92	—
Traunstein	68	—
Lindau	112	—
Württemberg.		
Heilbronn	61	—
Kirchheim u. T.	71	60
Stuttgart	114	—
Tübingen	77	—
Freudenstadt	106	—
Ulm	58	—
Friedrichshafen	115	—
Baden.		
Wertheim	86	—
Bretten	100	—
Mannheim	115	—
Heidelberg	80	—
Karlsruhe	92	—
Freiburg	99	—
Baden-Baden	124	—
Donaueschingen	66	—
Mersburg	135	—
Elsass.		
Kehler Brücke	73	—
S. Amarin	90	—
Oesterreich-Ungarn.		
Teschen	106	—
Freistadt	132	—
Leskowetz	145	—
Brünn	96	—
Ostrawitz	179	—
Rozna	200	—
Prag	53	
Stubenbach	110	
Czaslau	138	
Elbfallbaude	212	
Biala	72	
Lemberg	103	
Czernowitz	96	
Bochnia	134	
Wien	104	
Hadersdorf	174	
Kremsmünster	108	
Gastein	102	
Bregenz	108	
Trient	110	
Taufers	113	
Aussee	110	
Graz	62	
Edelschrott	142	
St. Peter	121	
St. Jakob	174	
Luggau	132	
Sachsenburg	106	
Pontafel	143	
Raibl	175 bis 240	
Im Mittel	143	
Laibach	122	
Gradetz	110	
Görz	149	
Triest	140	
Pola	101	
Lissa	178	
Ragusa	298	
Budapest	108	
Schemnitz	133	
Trentschin	267	
Szeged	123	
Oravicza	126	
Pancsova	155	
Esseg	110	
Lokve	174	
Fuzine	160	
Fiume	130	

Die Meistwerthe der täglichen Niederschläge betrugen in einem 30jährigen Zeitraum für München rechts der Isar 69,7^{mm} bezw. während der 1¾stündigen Dauer des betreffenden Wolkenbruchs 39,7^{mm} pro Stunde, desgleichen für München links der Isar 92^{mm} bezw. 19^{mm} pro Stunde; endlich für Bayreuth 78,3^{mm} täglich. Die grösste in diesem Zeitraum beobachtete Regenmenge betrug in München 36^{mm} in 35 Minuten. Die stärksten Niederschläge traten hier in den Monaten Juni und Juli auf.

Für das ebene Norddeutschland darf ein Tagesmeistwerth von mindestens 100^{mm} angenommen werden, im gebirgigen Norddeutschland von ca. 150^{mm}.

Die synoptischen Karten der deutschen Seewarte enthalten seit einigen

Digitized by Google

Jahren Nachweisungen über jährliche Niederschlagsmengen, über die täglichen Maxima und über die grössten Monatsmittel für eine grössere Zahl von deutschen Stationen. In Mitteleuropa beobachtete Niederschläge bei anhaltenden Landregen betragen bis zu 7^{mm}, bei Wolkenbrüchen 40 bis 60^{mm} pro Stunde. Niederschläge von 4^{mm} pro Stunde bezw. von 100^{mm} pro Tag bei den ersteren, und von 23^{mm} pro Stunde bei Wolkenbrüchen sind nicht gerade selten.

Die Dauer der stärksten Niederschläge ist gewöhnlich kürzer als eine Stunde, weshalb selbstregistrirende Regenmesser mit mindestens Einviertelstundentheilung zu genauen Beobachtungen unerlässlich sind. Der Meistwerth eines wirklich in einer Stunde gefallenen Niederschlags in Deutschland wurde in Waltershausen bei Gotha mit 75^{mm} gefunden. 24stündige anhaltend starke Regen gehören zu den grossen Seltenheiten.

Von ganz besonderer Grösse waren die Niederschläge in der sächsischen Oberlausitz im Mai 1887 und im oberen Schlesien im August 1888. S. Centralblatt d. Bauv. 1888 S. 375.

Es ist jedoch hierbei ausdrücklich darauf hinzuweisen, dass derartige Niederschlagsverhältnisse nur in bestimmten Landstrichen vorzukommen pflegen, also nicht allgemeine Gültigkeit haben; und dass daher für jedes Regengebiet die Niederschlagsverhältnisse besonders ermittelt werden müssen (vergl. Kap. XVII geb. Theil).

In Lausanne ging im Juni 1888 ein Wolkenbruch nieder, welcher in $^3/_4$ Stunden 65^{mm} Niederschlagshöhe erreichte und grosse Verwüstungen anrichtete. Im Jahre 1868 betrug der Niederschlag auf dem St. Bernhard in der Schweiz in 24 Stunden 254^{mm}.

Tägliche Niederschläge von 100^{mm} sind namentlich in den österreichischen Alpenländern nicht selten, in den Ostalpen, auf der Südwestseite der Karawanken selbst solche von 150^{mm} nicht.

Im Mai 1885 wurde in Wien an einem Tag ein Niederschlag von $151{,}6^{mm}$ beobachtet, das Stundenmaximum betrug hierbei 14^{mm}. Am 12. Mai betrugen die Tagesmaxima in der Umgebung von Wien $125—172^{mm}$ in Hadersdorf sogar 195^{mm}. Am 21. Juni 1895 in Bobersberg in 2 Stunden $128{,}5^{mm}$ Niederschlagshöhe beobachtet.

Regenmesserstationen

gibt es in Böhmen je eine auf 60 qkm, desgleichen in England auf je 150 qkm, in Belgien und Dänemark auf je 275 qkm, in Frankreich auf 440 qkm. Württemberg hatte im Jahre 1888 72.

Ein gewöhnlicher Regenmesser von 0,2—0,25 qm Fläche kostet ca. 18 Mk., ein selbstregistrirender von R. Fuchs in Berlin (alte Jacobstr. 108) — 380 Mk. Wo die Regenmesser im Winter wegen starken Schneewehungen keine richtigen Ergebnisse liefern, ist in einer Entfernung von ca. $2{,}5^m$ von dem Messgeräthe ein einfacher Staketenzaun von solcher Höhe zu errichten, dass die Gewalt des Windes von demselben gebrochen wird.

Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Gewitter

beträgt nach Lang sowohl in Frankreich als auch in Deutschland im Mittel von 5jährigen Beobachtungen 41 km in der Stunde und schwankt zwischen 10 und 78 km. Bei kalter Witterung ist die Geschwindigkeit grösser als bei warmer.

Verdunstung und Versickerung der Niederschläge. Abfliessende Wassermengen.

Von dem Regenwasser verdunstet ein Theil, ein weiterer versickert (oder wird von den Pflanzen absorbirt), der letzte Theil fliesst oberflächlich ab. Je nach der Beschaffenheit und der Cultur des Bodens sind die betreffenden Wassermengen verschieden. Nach Grâve soll durchschnittlich nahezu die Hälfte der Regenmenge verdunsten, $^1/_3$ abfliessen und $^1/_6$ von den Pflanzen absorbirt werden.

Die Beschaffenheit des Bodens, ob undurchlässig oder nicht, ist vom grössten Einfluss auf die Versickerung und auf die Grösse des Wasserabflusses, sowie auf die Ausbildung der Rinnsale. Nach Belgrand (Hydrografie des Seinebeckens) saugt trockener und durchlässiger Boden Niederschläge von 20^{mm} vollständig auf.

Digitized by Google

Frisch gefallener Schnee liefert beim Schmelzen 1/12 seines Volumens Wasser.

Im Wald gelangt nur ein Theil des Niederschlags auf den Boden. Der Laubwald hält im Winter nur etwa 12% Schnee auf den Zweigen zurück. Der Nadelwald 5—6 mal mehr. Aehnlich verhält es sich in der übrigen Jahreszeit bezüglich des Regens.

Im Winter dringt im Wald erheblich weniger Wasser in den Boden als auf dem freien Feld, während in der Vegetationszeit das Verhältniss ein umgekehrtes ist. Die Gesammtmenge des im Boden befindlichen Wassers gleicht sich jedoch schon in einer Tiefe von 1,2 m nahezu aus. Eine absolute Vermehrung des in Quellen eintretenden Wassers lässt sich hiernach weder für den Wald noch das freie Feld nachweisen. Da aber in der Vegetationszeit der streufreie Waldboden etwa 2 mal und der streubedeckte Boden etwa 3 mal mehr Wasser in den Untergrund einsickern lässt als der Feldboden, so erklärt sich hieraus die grössere Nachhaltigkeit der von Wäldern gespeisten Quellen in trockenen Sommern und im Herbst.

Aehnlich wie der Wald verhalten sich auch Wiesen, sowie mit hohen Gewächsen bestockte Felder.

Wollny fand für verschiedene Orte der Schweiz, dass der Waldboden während des ganzen Jahres durchschnittlich 16%, vom April bis Ende October 15% weniger Wasser aus der Atmosphäre empfing als der Boden des freien Feldes. Nach Ebermayer betrug dieselbe Differenz in Bayern 26%.

Die Verdunstungshöhe einer den Winden zugänglichen Wasserfläche ist in Deutschland im Freien mindestens zu 60cm, im Walde zu ca. 25cm anzunehmen; dieselbe kann sich bis auf's Doppelte steigern. Stark fand als 14jähriges Mittel für die Verdunstungshöhe in den Sommermonaten 20cm. Die Verdunstung einer mit Gras bestockten Fläche fand Schübler 2,2mal grösser als die einer freien Wasserfläche. Im Wald ist die Verdunstung um ca. 60% geringer bei streufreiem Boden als im freien Felde, bei streubedecktem Boden um ca. 85%. Die Verdunstung eines freien Feldes ist etwas grösser als die einer freien Wasserfläche. Ebermayer fand als Mittel von 2 Jahrgängen, dass ein kapillarisch mit Wasser gesättigter Boden im Freien 40,9cm, im Walde bei mangelnder Streudecke 15,9 und bei voller Streudecke 7cm jährliche Verdunstungshöhe aufweist. Dalton fand die jährliche Verdunstungshöhe bei natürlich feuchtem Boden = 63,9, bei freier Wasserfläche = 76,2cm.

Die Luftfeuchtigkeit ist im Walde im Jahresmittel zwischen 8—10% grösser als im freien Felde.

Von Möllendorf will gefunden haben, dass die grösseren deutschen Flüsse 47% der Jahresniederschläge abführen. Nach überschläglichen Ermittelungen des Herausgebers nimmt die durchschnittliche Abflussmenge der preussischen Ströme von Osten nach Westen um ca. 20% bis 40% zwischen Memel und Rhein zu.

Da in trockenen Jahren die Verdunstung eine viel grössere ist als in nassen, so steigt und fällt das Verhältniss zwischen Abflussmenge und Regenmenge mit der Zu-, bezw. Abnahme der letzteren.

Die aus Quellen zu gewinnende Wassermenge darf gewöhnlich nicht über 1/6—1/5 der Gesammtregenmenge angeschlagen werden (vorausgesetzt, dass die Schichtungen des Gebirgs nicht einen unterirdischen Abfluss nach einem andern Regengebiet bedingen). Nach Kulturinspector Becker kann die mittlere bezw. kleinste Ergiebigkeit pro qkm und Secunde

für günstige	Verh.	des	Quellgebiets	mit	2,86	bezw.	0,92 Liter
« mittlere	«	«	«	«	1,84	«	0,48 «
« ungünstige	«	«	«	«	0,90	«	0,28 «

veranschlagt werden.

In hügeligem und bergigem Terrain werden bei kürzeren Wasserläufen durch Hochwasser um das 100—150 fache grössere Wassermengen abgeführt als bei Niedrigwasser, im Flachland ca. 50—70 fach grössere. Im Mittel sind in Deutschland die von Flüssen mit längeren Wasserläufen pro qkm abgeführten grössten Hochwassermengen in mässig bewaldeter Landschaft anzuschlagen in gebirgigen Gegenden zu ca. 0,60 bis 0,80 cbm, in bergigem Terrain zu ca. 0,40—0,50 cbm, in hügeliger Gegend zu ca. 0,20—0,25 cbm, in flachem Terrain zu ca. 0,10—0,14 cbm.

In sehr wenig bewaldetem Terrain und bei wenig durchlassendem Boden müssen vorstehende Sätze bei Bestimmung der Maximalabflussmengen um ca. 50% erhöht werden.

Murray berechnet das Verhältniss der in einem Strom jährlich abfliessenden Wassermenge zu den gesammten auf das Stromgebiet überhaupt entfallenden jährlichen Niederschlagsmenge angenähert:

	Geogr. Breite.	Abflussverh.
Für Rhein, Oder, Weichsel, Memel . .	50—60° N.	1 : 2,9
« Donau, Wolga, Seine, Rhone, Dniepr	40—50° «	1 : 3,1
« Janksekiang, Hoangho, Nil	30—40° «	1 : 8,0
« Mississippi, Riogrande, Indus, Ganges	20—30° «	1 : 6,9
« Orinoko, Amazonas, Congo	10° S.—10° N.	1 : 4,5

Diese Angaben haben jedoch nur zweifelhaften Werth.

In manchen Gegenden, z. B. in der Sahara und in Abessinien, verdunstet der ganze Niederschlag.

Hiezu bemerkt Sasse im Centralbl. d. Bauverw. von 1888, S. 241, woher auch vorstehende Angaben stammen, dass man, um die Wirkung der Verdunstung beurtheilen zu können, nicht die Zahl der Regentage, sondern nur die wirkliche Regenzeit in's Auge fassen dürfe, da alsbald nach dem Aufhören des Regens die Verdunstung beginne. Hiebei ergebe sich nun, dass bei uns höchstens **ein** wirklicher Regentag auf 12—18 Verdunstungstage entfalle.

Ein ziemlich gleich geneigter oder flacher Landstrich desselben Breitengrads, wie z. B. das norddeutsche Flachland, muss auch eine angenähert gleiche Verdunstung aufweisen, dagegen wird die Versickerung der Regenhöhe entsprechen, d. h. es wird bei stärkerem Regen auch mehr versickern. Bei geringer Regenhöhe ist auch die Abflusshöhe eine verhältnissmässig viel geringere, als in Gebieten mit grösserer Regenhöhe, weshalb letztere auch viel wasserreicher erscheinen. Ein Schwanken in der Jahresabflusshöhe tritt um 50% nach oben und nach unten gegenüber dem Jahresmittel ein, je nachdem ein Jahr sehr nass oder sehr trocken ist. Den Murray'schen bezüglichen Angaben kann daher nur ein sehr bedingter Werth zuerkannt werden.

Das Verhältniss zwischen den bei Nieder- und Hochwasserstand abfliessenden Wassermengen beträgt ferner nach Frauenholz:

für die Isar bei	München .	= 1 : 36	
« « Iller «	Kempten .	= 1 : 80	
« den Main «	Frankfurt	= 1 : 49	
« « Rhein «	Basel . . .	= 1 : 14	
« « « «	Kehl	= 1 : 14	
« « « «	Lauterburg	= 1 : 11	
« « « «	Emmerich .	= 1 : 6,6	
« die Donau «	Wien	= 1 : 3,6	
« « Weichsel bei	Kurzebrack	= 1 : 25	
« die Elbe bei	Torgau . .	= 1 : 29	
« « Oder unterh	Breslau	= 1 : 84	
« « « «	Küstrin	= 1 : 27	
für die Garonne b.	Toulouse	= 1 : 158	
« « Allier bei	Guétin .	= 1 : 375	
« « Loire «	Nevers .	= 1 : 331	
« « « «	Blois . .	= 1 : 216	
« « «	oberh. Tours	= 1 : 150	
« « «	unterh. « .	= 1 : 41	
« « Rhone bei	Lyon . .	= 1 : 29	
« den Neckar «	Offenau	= 1 : 200	
« « Main bei	Frankfurt	= 1 : 103	
« die Mosel «	Coblenz .	= 1 : 80	
« « Lahn «	Diez	= 1 : 107	
« « Ruhr «	Mülheim .	= 1 : 192	
« « Lippe «	Wesel . . .	= 1 : 54	

Die ungünstigen, namentlich auf die mangelhafte Bewaldung zurückzuführenden Abflussverhältnisse der französischen Flüsse sind besonders bemerkenswerth; ebenso geht hieraus hervor, dass das Verhältniss zwischen Hoch- und Niederwasser mit der Grösse und mit der Länge des Laufes der Flüsse abnimmt, indem das Eintreten der Hochwasser der Nebenflüsse nicht gleichzeitig stattzufinden pflegt.

Die amtlichen Veröffentlichungen ergeben folgendes Verhältniss zwischen Niedrig-, Mittel- und Hochwassermenge:

Flussstrecke	sec. Wassermenge cbm			Verhältniss		
	N.-W.	M.-W	H.-W.	N.-W.	M.-W.	H.-W.
Memel, Unterlauf	160	260	1250	1 :	1,6 :	7,8
Weichsel, Mündung . . .	430	950	5000	1 :	2,2 :	11,6
Nogat bei Marienberg . . .	120	380	3250	1 :	3,3 :	26,8
Oder bei Cosel	10,5	59,5	1800	1 :	5,7 :	171,2
« « Breslau	27	200	2300	1 :	7,4 :	85,2
« « Schwedt	190	545	2600	1 :	2,9 :	13,7

Digitized by Google

Flussstrecke	sec. Wassermenge cbm N.-W.	M.-W.	H.-W.	Verhältniss N.-W.	M.-W.	H.-W.
Elbe bei Torgau	64	266	3410	1	4,1	53,3
« « Lauenburg . . .	247	640	3360	1	2,6	13,6
Weser bei Münden . . .	25	92	1755	1	3,7	42,9
« unterh. Allermdg. .	92	296	3150	1	3,2	33,0
Rhein unterh. Mainz . . .	780	1530	7000	1	2,0	9,0
« « Coblenz . .	900	1720	7900	1	1,9	8,8
« « Emmerich . .	1060	2000	9100	1	1,9	8,6

Der sec. Abfluss in liter/qkm berechnet sich danach für das bez. gesammte Stromgebiet zu

Stromgebiet	N.-W.	M.-W.	H.-W.
Memel	1,4	2,3	11,2
Weichsel	2,8	13,5	41,2
Oder	1,6	4,6	28,8
Elbe	1,6	4,4	23,0
Weser	1,9	6,2	65,6
Rhein	4,5	9,0	40,5

Bei ganz undurchlässigen Bodenarten kann das Verhältniss des niedrigsten zum höchsten Wasserstand in cbm bis 1 : 4000 steigen.

Bei den Untersuchungen über die Niederschlags- und Abflussverhältnisse der Saale bis zu ihrem Eintritt in die norddeutsche Tiefebene fand der Herausgeber nach eigenen Messungen*) für Rothenburg a. d. Saale:

	Im Sommer.	Winter.				
			Kleinster Pegelst.	0,52m	Wassermenge	24,8 cbm
Pegelmittel	= 1,33m	2,02m	Mittelwasserstand	+ 1,88m	Wassermenge	118,0 «
Sec. Abfluss cbm	= 74,4	133	Grösster Pegelst. .	+ 6,28m	Wassermenge	1115,0 «

In der im November 1872 begonnenen bis 1886 fortgesetzten 14jähr. Beobachtungsperiode wurden nächst Niederschlags-, Abfluss- und Verdunstungsmengen für das 18860 qkm grosse Regengebiet ermittelt, wobei das Sommer-Halbjahr von Mai bis October, das Winter-Halbjahr von November bis April gezählt und die Abflussmenge unter Berücksichtigung einer 10tägigen Ablaufszeit berechnet wurde. Es bezeichnet in nachstehender Tabelle *a* die mittlere Wassermenge in cbm pro ha,
b die Literzahl pro Secunde und pro qkm,
c den Procentsatz der Jahresmenge und
d den Procentsatz des Niederschlags.

	Niederschlag.			Abfluss.			Verdunstung.		
	Winter.	Sommer.	Jahr.	Winter.	Sommer.	Jahr.	Winter.	Sommer.	Jahr.
a	2406	3669	6075	1228	635	1863	1178	3034	4212
b	15,4	23,1	19,2	7,8	4,0	5,9	7,6	19,1	13,3
c	39,7	60,3	100,0	65,9	34,1	100,0	27,9	72,1	100,0
d	100,0	100,0	100,0	51,0	17,3	30,7	49,0	82,7	69,3

Beobachtungen an Sammelweihern und an Drainagen.

Bei dem Reservoir von Montaubry ist das Regengebiet 1600 ha, die Wasserspiegelfläche 100 ha gross. Der Inhalt beträgt 5 Millionen cbm, die grösste Tiefe 15,2m. Die ursprüngliche Annahme, dass 60% des 0,66m hohen Niederschlags pro Jahr aufgefangen werden, hat sich als nicht richtig erwiesen. In einem 10jährigen Zeitraum betrug der Maximalniederschlag 1,31m pro Jahr, der Minimalniederschlag 0,51m, im Mittel 0,84m; die wirkliche nutzbare Regenhöhe entsprechend 0,474m bezw. 0,118m und 0,288m, also ca. 1/3 der Gesammtregenhöhe. Es ergibt sich hieraus auch der grössere Einfluss der Verdunstung in den trockenen Jahrgängen.

Nach Beobachtungen, die bei mehreren in Lothringen ca. 250m über dem Meer gelegenen Sammelbassins, deren Regengebiet zur Hälfte bewaldet ist, gemacht worden sind, beträgt die vom Lande — also von

*) Vergl. R. Scheck Die Niederschlags- und Abflussverhältnisse der Saale. Wiesbaden, J. F. Bergmann.

Digitized by Google

der nicht mit Wasser bedeckten Fläche — abfliessenden Wassermenge 36% des gesammten Niederschlags, und zwar entfallen 41% der wirklichen Abflussmenge auf die Zeit vom Januar bis zum März, 21% auf die drei folgenden Monate, 7% auf die Monate Juli bis September und 31% auf die Zeit vom October bis zum December incl. Bei grossen Seen ist noch das direct auffallende Tagwasser hinzuzurechnen. Als Wasserverluste in Folge der Verdunstung, welche hier jährlich nicht über 60cm beträgt, entfallen hier 8% auf den Winter, 36% auf das II., 44% auf das III. und endlich 12% auf das IV. Quartal.

Von den zur Speisung der Wasserleitungen Liverpools angelegten 12—24m tiefen Reservoirs werden 67% des Gesammtniederschlags (0,884m) gesammelt. Bei einer Niederschlagshöhe von 0,996m entfielen bei den für Edinburg angelegten Reservoirs (Regengebiet 1495 ha) 0,206m der Regenhöhe auf die Wasserversorgung, 0,180m auf Werkbesitzer, 0,130m auf Verdunstung und Versickerung, 0,482m flossen über die Ueberreichwehre ab.

Beim Alfeldstausee (Dollerthal, Elsass) mittlere Verdunstungshöhe = 1/5 der Niederschlagshöhe. Verdunstung steigt 1. Juni bis 1. October auf 35% des Niederschlags. Regengebiet 520 ha, grösste Stauhöhe 21,7m, nutzbarer Inhalt: 1100000 cbm. Jährlich 360000 cbm für Abfluss von 500 l/Sec. bei N.W. zurückbehalten. Nach Hecht Stauweiher in den Vogesen: Altenweiher 120 ha Regengebiet, 2,02m jährliche Regenhöhe 725000 cbm Füllung, 7,7 ha Fülloberfläche, 14,10m Tiefe. Kosten 0,37 M., je cbm Füllung. Schiessrothried: 124 ha Regengebiet, 325000 cbm Füllung, 5,6 ha Oberfläche, 11,5m Tiefe. Kosten 0,45 M. je cbm. Forellenweiher: 90 ha Regengebiet, 162000 cbm Füllung, 3,0 ha Oberfläche. Kosten 0,30 M. je cbm.

Durchsickerung unter Dämmen bei Thalsperren etwa 0,35 cbm je Tag und qm senkrecht gemessene Dammfläche.

Die Kosten von gemauerten Thalsperren belaufen sich je nach den örtlichen Verhältnissen auf 40—92 Pf. pro cbm nutzbaren Inhalts. Bei dem Project einer Thalsperre im Füllbeckethal stellt sich der betreffende Satz unter günstigen Verhältnissen (fester Untergrund und grosser Fassungsraum) auf nur 34 Pf. pro cbm.

Beim Alfeldsee kam der cbm nutzbarer Raum auf 40 Pf., beim Weiher in Fourens auf 92 Pf., bei dem in Pas des Riot auf 76 Pf., desgl. bei Saint Chamond auf 43 Pf, desgl. bei Bouzey auf 58 Pf., bei der Gileppethalsperre in Belgien auf 32 Pf. zu stehen.

Bei der im Eschbachthal bei Remscheid zur Ausführung kommenden Thalsperre würde nach Intze der cbm auf 33 Pf. bei einem nutzbaren Gesammtraum von 1000000 cbm, desgl. auf 30 Pf. bei 2000000 cbm zu stehen kommen.

Durch Drainirung können bei Thonboden bis zu 30%, bei Lehmboden bis zu 40% und bei Kiesboden mit darüber liegender Humusschichte ca. 45% der Niederschlagsmenge, im Mittel pro Secunde und ha 0,00075 cbm abgeleitet werden.

Durch Drainage tritt eine bedeutende Lockerung des Bodens ein, welche den letzteren zur Aufnahme bedeutender Wassermengen fähig macht. Man darf auf ein durchschnittliches Absorptionsvermögen von 5% des drainirten Bodenvolumens rechnen. Drainagen in schwerem Boden, dessen Spalten sich bei Regen alsbald schliessen, wodurch das Tagwasser zum oberirdischen Ablauf genöthigt wird, sind also ein sehr wirksames Mittel zur Verringerung der Hochwasser, da der Abfluss aus den Drains ein ziemlich gleichmässiger ist und sich zugleich auf mehrere Wochen vertheilt.

Zu Wasserversorgungsanlagen

wird gewöhnlich Quell- bezw. Grundwasser oder Flusswasser, welch' letzteres zuvor auf künstlichem oder natürlichem Wege filtrirt werden muss, oder Wasser von Seen und Sammelbassins verwendet. Das Wasser von artesischen Brunnen entspricht zumeist nur dann den Anforderungen an ein brauchbares Trink- und Nutzwasser, wenn es nicht aus grosser Tiefe stammt; sehr tiefe artesische Ströme führen warme Mineralwasser, welche zu häuslichen und industriellen Zwecken schwer verwendbar sind An hochgelegenen oder sehr wasserarmen Orten wird auch das Regenwasser in Cisternen gesammelt und nach zuvoriger Filtration mit Sar sowohl als Trink- wie auch als Nutzwasser verwendet

Digitized by Google

Gewinnung des Wassers.

Kleinere Quellen, sowie das Grundwasser werden entlang den Gängen bezw. den wasserführenden Schichten durch Anlage von gemauerten oder in Beton-Guss ausgeführten und auf eine undurchlässige Schichte gegründeten Sammelkanälen oder durch Sammelbrunnen gefasst; die letzteren sind entweder durch horizontale Rohrkanäle (Sammelröhren etc.) unter sich verbunden oder werden in Gruppen bezw. durch eine einzige Saugleitung abgesaugt.

Jede zu Tage tretende, nicht aus einer Gebirgsspalte kommende Quelle ist ein Beweis für das Vorhandensein einer undurchlässigen oder wenig durchlässigen Schichte in unmittelbarer Nähe der Quelle; im Allgemeinen sind die Urgebirge als wenig durchlässige Gesteine anzusehen, sodann die Thone, Granite, Porphyre etc. Die meisten Quellen erscheinen dort, wo leicht durchlässige Gebirge über schwer durchlässigen gelagert sind. Die Horizontalprojection der Oberfläche des überlagernden Gesteines und deren Cultur ist für die Grösse der Infiltration ausschlaggebend. Je grösser die Masse des wassersammelnden Gebirges ist, um so nachhaltiger sind die demselben entstammenden Quellen, weil bei längerer Trockenheit die letzteren alles Wasser diesem Sammelbehälter entnehmen.

Eine genaue Erforschung des Verlaufes der unterirdischen Gewässer hat der Projectirung von Wassergewinnungs-Anlagen vorherzugehen.

Die Wassermenge eines Grundwasserstromes im Alluvium ermittelt man aus der Geschwindigkeit und dem Wasserquerschnitt desselben; der letztere ist stets 0,20—0,40 jener Querschnittsfläche, in welcher überhaupt Grundwasser getragen wird, auch bei ganz feinen Sanden. Die Geschwindigkeit u, mit welcher sich das Grundwasser bewegt, ist bei gleichartigem Gerölle erfahrungsgemäss:

$$u = k \,.\, \alpha$$

wobei α das Gefälle pro Längeneinheit, k ein empirischer Coëfficient ist, der dem Korne des Grundwasserträgers entspricht. Die praktische Bestimmung von k geschieht wie folgt. Wenn in irgend einem Gefässe eine Lage Sand über ein feinmaschiges Drahtsieb gleichmässig in der Dicke l verbreitet ist und sodann reines Wasser mit einer wirksamen Druckhöhe H durchfiltrirt, so ist der Haupt-Widerstand, gegenüber welchem (bei correkter Anordnung) die anderen entstehenden Widerstände vernachlässigt werden können, die Reibung im Sande. Ist Q die durchfiltrirende Wassermenge, F der wasserdurchlassende Querschnitt, so muss sein:

$$Q = F \,.\, u, \qquad H = l \,.\, \alpha$$

und mithin, da $u = k\alpha$:

$$k = \frac{u}{\alpha} = \frac{Q \,.\, l}{F \,.\, H}$$

Q, F, l und H können gemessen und hieraus k berechnet werden.

Die Bewegung des Grundwassers in Alluvionen wird beurtheilt aus der Oberfläche des Grundwasserspiegels und der Beschaffenheit des Grundwasserträgers; die erstere befindet sich in continuirlichem Gefälle gegen den Thalweg und gibt die Strömung des Grundwassers als nahezu normal gegen den Flusslauf gerichtet an, während die Beschaffenheit des Grundwasserträgers ein Urtheil über die getragene Wassermenge zu fällen gestattet.

Beträgt in einem Grundwasserträger von gleichartigem Gerölle und der Breite Eins das Gefälle des Grundwasserstromes, welcher normal gegen den Flusslauf gerichtet sei, y auf die Länge x, wobei für $x = o$ die Tiefe bis zur wasserundurchlässigen Schichte (oder Sohle des Sammelkanales) $= h$ wird, ist ferner Q die getragene Wassermenge, u die Geschwindigkeit und φ das Verhältniss zwischen dem vom Grundwasserträger eingenommenen Raume und dem in diesem enthaltenen Wasservolumen, so wird (mit Vernachlässigung des Einflusses der Aenderung der Geschwindigkeit) nach den vorhin entwickelten Beziehungen:

$$\alpha = \frac{dy}{dx} = \frac{u}{k} = \frac{Q}{k \,.\, F} = \frac{Q}{k \,.\, \varphi \,(h - y)}.$$

Digitized by Google

Die Neigung α des Grundwasserspiegels an beliebiger Stelle kann gemessen werden; ebenso h, y, k und φ und mithin auch die Wassermenge Q.

Durch Integration der Differentialgleichung erhält man:

$$y = h - \sqrt{h^2 - \frac{2Q}{\varphi . k} . x.}$$

Die Staucurve ist also eine Parabel.

Aendert sich das Material im Grundwasserträger, oder verläuft die undurchlässige Schichte nicht regelmässig, oder wechselt die Breite des Grundwasserstromes, so wird die Staucurve im Allgemeinen eine mit continuirlichem Gefälle gegen den Thalweg verlaufende Wellenlinie. Der Grundwasserstrom entleert sich in den Fluss, welcher im Thalwege sich befindet*).

Alle Einrichtungen zur Abfangung des Wassers müssen so getroffen werden, dass die Wassertheilchen sich normal gegen den Saugapparat bewegen. Geschieht die Wassersammlung durch Kanäle, so sind dieselben senkrecht zur Stromrichtung des Grundwassers einzulegen; geschieht die Sammlung durch Brunnen, so muss die Verbindungslinie ihrer Mittelpunkte senkrecht zur Stromrichtung des Grundwassers bezw. parallel zum Flusslaufe sein. Ist R der Wirkungskreis eines einzelnen Brunnens, so muss der nächste in der Entfernung 2 π. R. angelegt werden, wenn er das Ergebniss des ersteren nicht beeinflussen soll.

Werden zu den Sammelkanälen Röhren verwendet, so erhalten dieselben an ihrem Umfange Schlitze oder Bohrungen (ca. 2½ cm weit); bei gusseisernen Röhren rosten Schlitze und Löcher zu, wenn nicht eine Inoxydation, eine Messingverkleidung oder dergleichen derselben vorgesehen ist. Die Röhren werden mit Kies umgeben, der nach aussen immer feiner werdend, schliesslich in groben Sand und mit diesem in das Alluvialgeschiebe übergeht. Die Ergiebigkeit richtet sich nach der Tiefenlage, der Absenkung und der vorhandenen Grundwassermenge.

Bei den Brunnen tritt das Wasser entweder durch Schlitze im Mauerwerk, welche unterhalb der Grenzen sich befinden müssen, in welchen der Boden noch verunreinigt werden kann, oder von der Sohle ein. Die letztere Art von Brunnen haben auf die Höhe, in welcher eine Bodenverunreinigung stattfinden kann, einen wasserdichten Mantel. Die Filterbrunnen werden meistens mit Hohlziegeln gemauert, welche einen äusseren und inneren, einen Stein starken Kranz mit einem Zwischenraum von $0{,}5^m$—$1{,}0^m$ bilden, der mit Filterkies und Sand ausgefüllt wird. In der neueren Zeit ersetzt man solche Filterbrunnen mit Vortheil durch Rohrbrunnen. Es wird eine Bohrschale (von Gusseisen oder Eisenblech) eingetrieben, ein besonderes Rohr, an dessen unterem Ende sich ein mit Metallgaze überzogener Filterkorb befindet, eingesetzt und sodann die Bohrschale so weit aufgezogen, dass sich der Grundwasserträger direct an den Filterkorb anlegen kann. In sehr feinem Sande, namentlich bei tiefer Entnahmestelle bewähren sich solche Brunnen besonders.

Nach der deutschen Bauzeitung 1871, S. 111, war die Ergiebigkeit von in Sand getriebenen Brunnen mit undurchlässigem Mantel von $3{,}1$—5^m Durchmesser bei einer Senkung des Wasserspiegels von $0{,}8$—$3{,}1^m$ pro Minute = 0,25—1,1 cbm oder = 1,1—3,3 cbm pro Stunde und pro qm Bodenfläche. In Kiesboden ist die Ergiebigkeit eine grössere und lieferte z. B. ein Brunnen der Dresdener Wasserversorgungsanlage von $2{,}25^m$ Durchmesser 235 cbm pro Stunde und pro qm Bodenfläche.

Dagegen lieferte ein Brunnen in Sandboden mit durchlässigem Mantel von 4,3 äusserem und $1{,}6^m$ innerem Durchmesser in Berlin bei $1{,}6^m$ Senkung des Wasserspiegels und 17^m Wasserstand stündlich 185 cbm, in Darmstadt desgleichen ein solcher von $2{,}5^m$ innerem Durchmesser und 15^m Wasserstand bei 2^m Senkung stündlich 33 cbm, dagegen bei 3^m Senkung 47 cbm. Hierbei ist darauf Bedacht zu nehmen, dass die Senkung nicht so weit getrieben wird, dass der Sand aufgetrieben bezw. ausgespült wird. Bei den Rohrbrunnen, in welchen die Eintrittsgeschwindigkeit die eben erwähnte Grenze überschreitet, wird dem Eintritt des Sandes durch eine Umhüllung mit Metallgaze abzuhelfen gesucht.

---

*) S. die Brochüre „Theorie der Bewegung des Grundwassers“ v. Lueger, Stuttgart, P. Neff, 1883.

Digitized by Google

Die Senkung des Grundwassers in den Brunnen wird gewöhnlich im Maximum auf 2^m festgesetzt; doch wird dieselbe auch vielfach überschritten, namentlich bei grobem Geschiebe und bei Anwendung von Rohrbrunnen. In jedem einzelnen Falle kann die wahrscheinliche Ergiebigkeit eines Brunnens von bestimmter Beschaffenheit voraus berechnet werden; dieselbe ist annähernd einfach proportional der Grösse der Absenkung des Wasserspiegels, dagegen keineswegs proportional der Lichtweite. Durch Vergrösserung der Lichtweite eines Brunnens wird in der Regel keine erhebliche Vermehrung der Ergiebigkeit erzielt.

Jener Brunnen, von welchem aus die Pumpen zur Druckleitung schöpfen, heisst Sammelbrunnen und befindet sich stets unmittelbar bei der Pumpstation; diesem pflegt man sodann auch eine grössere Lichtweite zu geben.

Bei der Wassergewinnung auf dem Wege der natürlichen Filtration werden die concaven Ufer der Flüsse zur Sammlung des Wassers gewählt, weil an diesen bei entsprechender Strömung die Verschlammungen durch den Fluss selbst entfernt werden.

Die Fassung von Quellen erfolgt in der Regel in gemauerten und verschlossenen Brunnenstuben, welch' letztere selbstwirkende Ueberlaufvorrichtungen und Einrichtungen zur Entleerung haben müssen; ebenso sollen die Brunnenstuben dem Zutritt der Luft zugänglich gemacht und durch Luftkamine ventilirt werden. Die Quellen sollen thunlichst auf der undurchlässigen Schichte abgefangen werden; jede einzelne Quelle muss nach der Fassung im Minimum 2^m unter Terrain-Oberfläche liegen. Gegen das Zufliessen von Tagwasser (Wildwasser) ist jede Quellenfassung auf das sorgfältigste zu schützen; ebenso gegen bösartige Verunreinigungen von aussen. Es ist ferner ein besonderes Augenmerk darauf zu richten, dass in die Sickerungen keine Baumwurzeln gelangen können, weshalb Bäume, namentlich Pappeln, Weiden, Erlen u. dergl. eine Entfernung von mindestens 6^m einhalten müssen. Die Rohrleitung, welche von der Brunnenstube zum Versorgungsobjecte führt, erhält an ihrer oberen Mündung einen Seiher von Kupfer oder Zinkblech zur Abhaltung von Unreinigkeiten; die Summe der freien Eintrittsöffnungen an einem solchen Seiher soll mindestens dem 1½fachen bis doppelten Querschnitte der Rohrleitung gleichkommen. Jede einzelne Quelle einer Fassungsanlage muss für sich ausgeschaltet und die Reinigung einzelner Kammern und Seitenkanäle bewirkt werden können, ohne die Ableitung der anderen Quellen zu hindern. Die lichte Höhe vom Stollen ist im Minimum $= 1{,}6^m$, die Weite $= 0{,}7^m$; gewöhnlich zu $1{,}8^m$ auf $1{,}2^m$ anzunehmen.

Bei der Fassung von Quellen ist ferner darauf Bedacht zu nehmen, dass ein Rückstau des Wassers bis an die Stelle, wo die Quelle in den Fassungsraum eintritt, vermieden wird.

Wasserbedarf pro Tag in Liter.

A. Privatgebrauch.

Gebrauchwasser in Wohnhäusern pro Kopf zum Trinken, Kochen, Reinigen	20—30 l,
zur Wäsche	10—15 l,
« Closetspülung einmalig	5—6 l,
Pissoirspülung intermittirend pro Stand	30 l,
« continuirlich pro lfd. M. Spülrohr und pro Stunde	200 l,
ein Wannenbad 350 l, ein Sitzbad 30 l, einmalige Brause oder Strahldouche	20—30 l,
einmalige Gartenbesprengung an trockenen Tagen desgl. Hof- bezw. Trottoirbegiessung pro qm je .	1,5 l,
ein Pferd oder ein Stück Grossvieh tränken und reinigen ohne Stallreinigung pro Tag 50 l, Kleinvieh 10 l, ein Kalb, ein Schaf je 8 l, ein Schwein	13 l,
ein Wagen zum Personentransport, Reinigung pro Tag	200 l,

Digitized by Google

B. Oeffentliche Anstalten.

Pro Schüler ohne Zerstäubung für Luftbefeuchtung . .	2 l,
in Kasernen pro Mann	20 l,
« « « Pferd	40 l,
« Krankenhäusern pro Kopf	100—150 l,
« Gasthöfen pro Kopf	100 l,
« Badeanstalten pro Wannenbad sammt Reinigung	500 l,
« einem Dr. Lassar'schen Brausebad pro Person .	10—25 l,
« Waschanstalten pro 100 kg Wäsche	400 l,
« Schlachthäusern pro Jahr und pro Stück geschl. Vieh	300—400 l,
« Markthallen pro qm bebaute Fläche u. pro Markttag	5 l,
Aichamt pro Jahr und pro cbm geaichten Holzgefässes	1100 l,
Bahnhöfe, Speisewasser f. Locomotiven pro Stück u. Tag	6000—8000 l.

C. Communale Zwecke.

Pro qm einmal bespr. Strassenfläche für gepflasterte Strassen	1 l,
chaussirte Strassen, öffentliche Gartenanlagen je . .	1,5 l.
Ventilbrunnen pro Auslauf und Tag	3000 l,
Pissoire mit intermittirender Spülung pro Stand und Stunde	60 l,
« « contin. Spülung pro lfd. Meter Spülrohr und Stunde	200 l.

D. Gewerbe und Industrie.

Brauereien, Gesammtverbrauch pro Jahr und pro hl gebrauten Bieres, ohne Eisbereitung	500 l,
Verbrauch an Kesselspeisewasser für Dampfmaschinen ohne Kondensation pro Stunde und Pferdestärke	20—30 l.

Bei neuen Anlagen für grössere Städte (mit wenig Waterclosets) ist durchschnittlich ein Tagesconsum von mindestens 130 l, im Maximum ein solcher von 150 l pro Kopf, für kleinere Landgemeinden mit vorwiegend ackerbautreibender Bevölkerung dagegen nur von 60 l pro Kopf anzunehmen. Der Bestimmung der Röhrenweiten ist der grösste Stundenverbrauch am Tage des grössten Tagesverbrauches zu Grunde zu legen, ersterer beträgt ca. das Doppelte des durchschnittlichen Verbrauchs an diesem Tage und letzterer etwa das $1^1/_2$fache des durchschnittlichen Tagesverbrauchs. Wo viel Wasser an Industrieen, Fontainen etc. abgegeben wird, sinkt dieses Verhältniss. Der Maximalconsum an Wasser tritt im Sommer ein und beträgt durchschnittlich 125% des Durchschnittsconsums; hiernach ist auch die Grösse der Reservoirs zu bestimmen.

Zu Feuerlöschzwecken ist pro Spritze und Minute eine Wassermenge von 300—400 l, bei Dampffeuerspritzen von 1000 l erforderlich, bei Hydranten ca. 360 l. Gewöhnlich laufende Brunnen consumiren pro Minute 8—10 l, 1 Schnellzugmaschine verbraucht 3,3—4,0 cbm pro Stunde; eine Güterzugmaschine desgl. 2,1—3,6 cbm, eine Maschine für gemischte Züge 3,0—3,6 cbm, für ein zweirädriges Frachtfuhrwerk sind täglich 40 l, für ein vierrädriges 100 l, für eine Chaise 200 l, in Rechnung zu bringen. Die angegebenen Zahlen sind reichlich genügend, wenn die Bezahlung des verbrauchten Wassers auf Grund eines Ausmasses (nach Angabe vom Wassermesser, durch Füllung geaichter Reservoire, calibrirte Hahnen etc. etc.) erfolgt; wo dies nicht geschieht, steigt der Verbrauch erfahrungsgemäss auf das Doppelte bis Dreifache und ist überhaupt unberechenbar. Aus diesem Grunde empfiehlt es sich auch bei allen Anlagen zum Vornherein die Nothwendigkeit einer Messung des Wassers festzustellen und wo dies nicht thunlich ist, circa das Doppelte der angegebenen Zahlen für den Consum zu unterlegen.

Beschaffenheit des Wassers.

Reinheit des Wassers. Trinkwasser soll durchschnittlich nicht über $\frac{35}{1000000}$ organische Stoffe enthalten; über den Werth eines Wassers zum menschlichen Gebrauch können übrigens nur eingehende chemische Analysen und bakterioscopische Untersuchungen richtigen Aufschluss

geben, wobei jedoch die Organismen nach ihren Gattungen zu unterscheiden sind. Stammen die Unreinigkeiten von Excrementen, faulenden, organischen Substanzen und dergl. her, so ist die Verwendung eines solchen Wassers zu Haushaltungszwecken nicht zu gestatten.

Die äusserste zulässige Grenze des Gehalts an — und zwar unschädlichen Mikroben — wird zu 300 pro ccm angenommen.

Die durch unreines Wasser im Jahre 1835 in Zürich ausgebrochene Typhusepidemie hat zu einer Reihe von Untersuchungen Anlass gegeben, aus welchen hervorgeht, dass die Verunreinigung des Wassers des Züricher Sees durch Mikroben an der Entnahmestelle bei 4^m und 12^m Tiefe nahezu gleich gross ist. Auch die aus reinem Boden entspringenden Quellen enthalten solche Kleinwesen, jedoch von unschädlicher Art. Es ist jedoch noch nicht gelungen, über die Ansteckungsstoffe in den zum häuslichen Gebrauch bestimmten Wassern sichere Anhaltspunkte zu erhalten, namentlich konnte der den Typhus hervorrufende Baccillus noch nicht im Wasser nachgewiesen werden.

Ueber die Verunreinigung der Gewässer und deren Reinigung s. auch das gleichnamige Werk von König, Berlin, bei Springer.

Härte des Wassers. Der Gehalt an anorganischen Salzen, wie z. B. an kohlensaurem Kalk und an Gyps etc., bedingt die Härte des Wassers. Mit 1^0 Härte wird der Gehalt von 0,01 g erdiger Salze in einem Liter Wasser bezeichnet. Ein Wasser heisst weich, wenn es $10—15^0$, hart, wenn es über 20^0, sehr hart, wenn es über 30^0 Härte hat. Nur weiche Wasser eignen sich zu industriellen Zwecken. Trinkwasser darf bis zu 25^0 Härte haben. Harte Wasser schützen die eisernen Rohrleitungen vor Rostbildung und nehmen weniger leicht organische Stoffe auf, als die weichen, bei mehr als 20^0 Härte treten dagegen Kalkniederschläge in den Röhren auf.

Durch Filtration, s. unten, wird die Härte des Wassers vermindert.

Abkühlung des Wassers in Rohrleitungen.

Bezeichnet l die Länge der Leitung in Metern, r den Aussenhalbmesser des Rohrstrangs in Metern, h die Entfernung der Rohraxe von der Bodenoberfläche in Metern, Q die in einer Stunde durch die Leitung gehende Wassermenge in Litern (l), t_0 die Temperatur des Bodens in der Tiefe der Rohraxe, jedoch in einiger Entfernung von derselben, t_{ll} die Temperatur des Wassers beim Eintritt in die Rohrleitung, t_r desgl. beim Austritte in Gr. Cels., k die innere Wärmeleitungsfähigkeit des Bodens bezogen auf Meter und Stunden, so ist angenähert $\log \frac{t_0 - t_r}{t_0 - t_{ll}} = -\frac{1{,}185\ k\ .\ l}{Q\ (\log 2h - \log r)}$; k ist bei nassem Sand = 2,95, bei nassem weichem Thon = 1,26, bei lufttrockenem Thon = 0,90, bei sandigem Lehm und Ackererde = 2,0 anzunehmen.

Eine Kühlerhaltung des Wassers wird auch durch entsprechende Wahl der Trace der Rohrleitung (in winterlicher Lage), durch Bepflanzung des Bodens in der Umgebung der Leitung mit Schatten spendenden Pflanzen und durch tiefere Lage der Röhren bewirkt.

Bei unter keinem oder doch nur niedrigem (ca. 1/2 Atmosphären) Druck stehenden Rohrleitungen empfiehlt sich die Anwendung von wenig porösen gut gedichteten Cementmuffenröhren zur Kühlerhaltung des Wassers.

Anlage der Sammel-, Filtrir- und Vertheilungsbassins, sowie der Sammelbrunnen und -Kanäle. Reinigung des Wassers.

Das oberflächlich abfliessende Wasser für Sammelbassins wird durch Mauern und Erddämme abgeschlossen, welche, wenn thunlich, an den engsten Stellen der Thäler anzulegen sind. Sie erhalten Grundablässe und Ueberfälle, welche am zweckmässigsten in den gewachsenen Grund gelegt werden. Die Krone der Abschlussmauern und Erddämme

Digitized by Google

ist mindestens 1,5^{m} über dem höchsten Wasserstand anzulegen. Die Krone von Erddämmen soll 1/3 der Höhe zur Breite erhalten, mindestens aber 4^{m} breit, die Dossirung derselben mindestens 2füssig sein. Die innere Dossirung ist mit einem Pflaster zu versehen, unter welchem eine Kies- und eine Puddleschicht zur Befestigung und Dichtung anzubringen ist. Die Kosten wachsen aber sehr rasch mit der Dammhöhe (der Masse des Erdkörpers); da die Anschüttungen mit grosser Sorgfalt gemacht werden müssen, so ist es erfahrungsgemäss nie ein Vortheil) Dämme aus Erde aufzuführen, sobald H > 30^{m}. Die Anschüttungen müssen mit gut ausgewählter Erde, die am besten aus etwa 40% Thon und 60% Sand besteht, hergestellt werden. Es ist nicht rathsam, ein Stauwerk zu errichten, welches theilweise aus Erde, theilweise aus Mauerwerk besteht, weil an allen Berührungsstellen der Zusammenhang fehlt und dem Wasser zum Aufsuchen eines Weges Gelegenheit geboten ist. Ebensowenig und aus denselben Gründen sind Lehmkerne und ähnliche gesonderte Einlagen etc. zu empfehlen.

Zur Dammschüttung darf nur ganz gleichartiger Boden verwendet werden, der in Lagen von ca. 0,2^{m} aufzubringen und zu stampfen ist *).

Die Hauptsammelbassins sollen einen Wasserbedarf von vier Monaten fassen können.

Die Lage der Röhrenfahrten ist bestimmt durch das mittlere Gefäll der Wasserleitung. Höher als die mittlere Gefälllinie (zwischen Sammler und Verwendungsstelle) soll kein Punkt der Röhrenfahrt zu liegen kommen.

Wo dies dennoch nicht zu umgehen ist, bestimmt sich die wirkliche Gefällslinie aus den Verbindungslinien der höchsten Rücken der Leitung und ist demgemäss die Rohrweite den in den verschiedenen Strecken wechselnden Wassergeschwindigkeiten entsprechend variabel anzunehmen.

An Stellen, wo die Druckhöhe in den Leitungen sich wesentlich ändert, sind leicht controlirbare Manometer anzubringen.

Gemauerte (schlupf- oder begehbare) Wasserleitungskanäle erhalten in Entfernungen von je 300^{m} Einsteigschächte, ca. 0,70 auf 0,90^{m} weit.

Zu Wasserleitungen, welche keinen erheblichen Druck auszuhalten haben, werden ausser den eisernen Röhren Thon-, Steingut-, Beton- und Asphaltröhren verwendet.

Bei der Entnahme von Wasser aus Seen muss eine vor Verunreinigungen aller Art gesicherte Stelle in möglichster Tiefe ausgewählt werden.

Die im Züricher See angestellten Temperaturuntersuchungen haben ergeben, dass die Temperatur in einer Tiefe von 4^{m} von 3,5°—20,3° C., bei 12^{m} Tiefe von 3,7—14,1° C. schwankte, und dass bei 16^{m} Tiefe noch um 2,3—4,6° niedrigere Temperaturen sich vorfinden. Bei der Wahl der Entnahmestelle darf man sich jedoch dem Seegrunde nicht zu sehr nähern. Die Wärmeaufnahme des Wassers in den Rohrleitungen betrug auf einem in 3 Stunden zurückgelegten Wege 1,8° C.

Bei der Reinigung von Wasserleitungswasser darf man sich auf die Hausfiltration wegen der Unzuverlässigkeit der meisten mit der Bedienung beauftragten Personen nicht verlassen. Am besten wirkten die centralen Anlagen mit Sandfiltration und mit einer Wassergeschwindigkeit von ca. 12^{m} pro Tag. In den Filteranlagen in Zürich ergaben sich Gefällsverluste von 0,11—1,08^{m}, im Mittel von 0,33^{m}, am grössten sind diese Verluste, wenn die Seeoberflächen mit Blüthen, Häuten von Crustaceen u. dergl. bedeckt sind, welche die Filter verstopfen. In Zürich fand man, dass durch die Sandfilter die organischen Stoffe um 15%, die Pilzcolonien um 82% und die Ammoniakverbindungen um 30% abnahmen, und dass eine bestimmte Anzahl Baccillen die Filter passirte, ob nun rasch oder langsam filtrirt wurde oder ob das Wasser mehr oder weniger reich hieran war.

Die Reinigung des Wassers insbesondere zum Trinken kann sowohl durch mechanische wie chemische Fällung (Clark's Verfahren mit Kalk, s. Dingler's Journal von 1884, S. 253 u. s. w.) bewerkstelligt werden. Bei der chemischen Fällung werden die Mikro-

---

*) Ueber die Ausführungsweise der Erdarbeiten siehe die Capitel „Anlage von Schifffahrts-Kanälen" und „Deichbauten".

Digitized by Google

organismen am besten entfernt. Bezüglich der mechanischen Fällung sind folgende Stoffe, welche ihrer Güte nach aufgeführt sind, zu erwähnen: Kokes, Hammerschlag, Grünsand und Knochenkohle von der üblichen Sandkorngrösse. Diese Stoffe halten auch die Mikroorganismen zurück, wenn die Filterstoffe von Zeit zu Zeit erneuert werden. Mehr als einen Monat sind diese Filtermaterialien, namentlich das letztgenannte, nicht zu benützen. Weniger günstig ist das Verhalten von Silbersand, Glaspulver und Ziegelmehl befunden worden.

Als das beste Filtermaterial hat sich dasjenige bewährt, welches in kürzester Zeit am meisten oxydirt, s. Dingler's Journal von 1886, S. 178. Diese Oxydation kann schon durch Verwendung einfacher Filter, noch besser aber durch solche aus chemisch verschiedenen Verbindungen entstehen, von welchen das eine oxydirend und das andere reducirend wirkt. Diese Processe gehen bei Verbindungen mit galvanischen Batterieen rascher vorwärts. Nach Frankland sollen besonders Kokes die Mikroorganismen aus dem Wasser entfernen, wobei ein gewisser Eisengehalt auf die Reinigungsfähigkeit von grosser Wirksamkeit ist. Durch Filtration wird auch die Härte des Wassers vermindert.

Friedrich Breyer in Wien hat neuerdings einen sogen. Mikromembranfilter aus feinen Messingdrahtgeweben mit Asbestlamellen construirt, welcher nicht nur alle Unreinigkeiten, sondern auch die Farbstoffe zurückhält und daher zu hygienischen und industriellen Zwecken sich sehr gut eignet. Ein Hausfilterapparat von 5 Membrandoppelelementen und 0,25 qm Filterfläche liefert 20—30 l pro Stunde und kostet ca. 50 Mk., desgl. mit 10 Elementen 40—60 l Leistungsfähigkeit ca. 110 Mk.; ferner bei 200 l Leistung ca. 320 Mk. Brunnenfilter erhalten noch besondere Schutzplatten und kosten alsdann ca. 40% mehr. Die erforderliche Druckhöhe darf nicht unter 30^{cm} sinken. Die Leistungsfähigkeit dieser Filter ist jedoch eine beschränkte.

Auch bei den Piefke'schen Schnellfiltern haben sich Asbestscheiben gut bewährt.

Filtrirbassins. Flusswasser, überhaupt unreines Wasser, muss vor der Verwendung filtrirt werden; unter Umständen wird dasselbe, ehe es über die Filterbetten geleitet wird, in Klärbassins durch einfachen Niederschlag und durch Vorfilter aus grobem Kies und dergl. Materialien von den gröberen in ihm suspendirten Sinkstoffen befreit. In der Regel begnügt man sich mit einer 24—30stündigen Ablagerungszeit, da eine weiter gehende Fällung der im Wasser enthaltenen Sinkstoffe sich meistens als nicht lohnend herausgestellt hat. Zu bemerken ist, dass der das Flusswasser so häufig trübende Thonschlamm unverhältnissmässig lange Zeit zum Niederschlagen braucht.

Durch Anlage von Klärbassins wird keine Verminderung der erforderlichen Filterfläche erzielt.

Bei natürlichen Filtern in den Geschiebablagerungen der Thäler rechnet man pro qm Sickerfläche der Sammelbrunnen und Sammelkanäle auf einen Wasserzufluss von ca. 0,6 cbm pro Stunde; nach den in Toulouse, Lyon, Angers gemachten Erfahrungen betrug die Minimalergiebigkeit 6—12 cbm pro Tag. Die Filtergänge werden gewöhnlich massiv hergestellt und unten offen gelassen, ihre Sohle soll unter die Flusssohle reichen, jedoch nie so tief, dass durch den Auftrieb des Wassers Sand mitgerissen wird. Wenn d die Korngrösse des Sands bezeichnet, so muss die Eintrittsgeschwindigkeit des Wassers $v < 4.5 \sqrt{d}$ sein. Die Klärung des Wassers erfolgt nur durch den Filtersand, weshalb, um öftere Reinigungen zu vermeiden u. s. w., letzterer oft in einer Stärke bis zu 90^{cm} eingebracht wird. Der Filtersand muss ein gleichmässiges scharfes Korn haben, zu feiner Sand verschlammt zu leicht, während zu grober Sand zu rasch, also ungenügend filtrirt. Es empfiehlt sich daher, den Sand durch Siebe von entsprechender Maschenweite (zwischen $^1/_2$—1^{mm} Durchmesser) vor der Einbringung zu prüfen und solchen, der über 15% gröberes Material enthält, durch Sieben zu verbessern, den feinkörnigen Sand von $^1/_2{}^{mm}$ Korngrösse und darunter aber durch Schlemmen zu entfernen. Der Preis des Filtersandes sollte immer nach Siebproben bestimmt werden.

In die Filtrirbassins tritt das Wasser in der Regel von der Seite ein, um durch eine 1,6—$2{,}0^{m}$ hohe Filterschicht durchzusickern. Für letztere kann folgende Zusammensetzung empfohlen werden:

Digitized by Google

Scharfer Quarzsand	. . . . .			ca. 0,4—0,6^{m}	hoch.
grober Sand von	. . ca.	4^{mm}	Stärke . .	« 0,15^{m}	«
Kies von	«	1^{cm}	« . .	« 0,15^{m}	«
Kies von	«	2—3^{cm}	« . .	« 0,20^{m}	«
Kies von	«	6^{cm}	« . .	« 0,20^{m}	«
Wacken von	«	12^{cm}	« . .	« 0,20^{m}	«

Statt des Kieses kann auch gewaschener Kokesgrus von verschiedenem Korn verwendet werden.

Die neuen Tegeler Wasserwerke in Berlin haben eine Stärke der Sandschichte von 0,6^{m}, darunter eine Kies- und Feldsteinschichte von 0,6^{m}. Der Wasserstand über der Filteroberfläche beträgt im Max. 1,2^{m}. Die Maximalleistung beträgt hierbei pro 24 Stunden 3 cbm pro qm. Die Filter sind überwölbt, die Decke ruht auf in Entfernungen von 3,5^{m} aufgeführten, 0,5^{m} starken Pfeilern, zwischen welchen Gurtbögen gespannt sind, welche wieder böhmische Kappengewölbe mit einer im Scheitel der Kappen 0,5^{m} starken Erdüberschüttung tragen. Mauerwerk und Sohle erhielten eine Thonschlagdichtung.

Das filtrirte Wasser fliesst nach der Mitte des Bassins nach einer im tiefsten Punkt desselben angelegten Sammeldohle ab, welche es dem Reinwasserbassin zuführt. Zu diesem Behufe wird in die unterste, gröbste Kiesschichte eine Reihe von Drainröhren oder von kleinen Backsteinkanälen mit offenen Fugen in Entfernungen von ca. 2^{m} eingelegt, welche in die Sammeldohle einmünden.

Am höchsten Ende der letzteren werden in der Regel verticale Luft-(Ventilations-)Röhren angebracht.

Die Sohlen dieser Bassins bestehen gewöhnlich aus Beton, auf welchen mehrere Lagen in Portlandcementmörtel versetzte Backsteine aufgebracht werden.

Die Höhe des Wasserstandes über dem Filterbett ist zu ca. 0,6^{m}—1,0^{m} anzunehmen. Bei grösserer Druckhöhe wird das filtrirte Wasser leicht unrein, auch verstopfen sich die Filter sehr rasch. Durch Zuführung von Wasser unter hohem Druck werden überdies die Filter zu sehr angestrengt und daher durch Durchbrechen der verschlammten Sanddecke bald verdorben. Das Maximum der Wasserhöhe sollte aber nur allmälig, nämlich dann erst erreicht werden, wenn die Verschlammung des Filterbetts am weitesten vorgeschritten ist, also vor Entfernung der Filterdeckschichte.

Um die Depressionshöhe (Abstand des Wasserspiegels im Filter und im Reinwasserkanal) dem Grad der Verschlammung der Sanddecke und einem gleichmässigen Wasserabfluss entsprechend reguliren zu können, empfiehlt sich die Ausführung verstellbarer Ueberfälle in Schieberform.

Da wo Flusswasser ohne Vorfiltration in die Filtrirbassins eintritt, werden die gröberen Stoffe durch eine vertical gestellte Schichte von siebartig durchlöcherten Filtrirsteinen zurückgehalten.

Bei der neuen Seewasser-Filteranlage in Zürich wurde die Kammersohle 0,36^{m} stark und mit 2,5% Gefäll nach den Sammelröhren hergestellt. Auf der Sohle liegt ein aus zwei Lagen Backsteinen bestehender Rost, welcher die aus 0,1^{m} grobem und 0,1^{m} feinem Kies, ferner aus 0,15^{m} grobem und 0,8^{m} feinem Sand bestehende Filterschichte trägt. Auf letzterer steht das Wasser 1,0^{m} hoch. Die Kammern werden von 1,5^{m} weiten Kreuzgewölben von 1,25^{m} Pfeilhöhe und 0,2^{m} Scheitelstärke überdeckt. Die Pfeiler sind 3,5^{m} hoch. Jedes Gewölbe hat einen 0,9^{m} weiten Luftschacht.

Die Filtrirfähigkeit pro qm Filterbett und pro Tag beträgt je nach der Höhe der Sand- und Wasserschichte, der Reinheit des Wassers und der Frische der Sandschicht zwischen 3,0 bis 5,5 cbm, der Aufwand auf die Filtration pro cbm ca. $^{2}/_{5}$ Pf. Unter 50^{cm} Höhe sollte die Stärke der Sandschichte nicht heruntergehen.

Bemerkung. Wegen der schmutzigen Beschaffenheit des Elbe-Wassers in Hamburg ist daselbst die Filtrirfähigkeit von 1 qm nur zu 1,5 cbm pro Tag angenommen worden; in Altona beläuft sich dieselbe durchschnittlich auf 2,3 cbm.

Baurath Cramer hat bei dem Wasserwerk in Brieg eine neue Filteranlage zur Anwendung gebracht, um die Filterfläche bei thunlichster Ausnützung des Raumes möglichst zu vergrössern (s. Centralbl. d. Bauverw. von 1886, S. 42). Hierbei wurden 5fach übereinandergelegte rostartig durchbrochene, je 1,12 qm grosse Holztafeln übereinandergelegt, welche Tafeln mit 1,2^{cm} starken Brettchen auf 2,5^{cm} starken Leisten

Digitized by Google

verbunden werden. Die Brettchen jeder Tafel sind von Mitte zur Mitte 9cm entfernt, während ihr Abstand in der oberen Tafel 14mm, in der unteren 21,3mm, 34mm und 40mm beträgt. Es wird nun so lange Sand durch die Schlitze von oben zugefüllt, bis nichts mehr durchfällt und die oberste Holztafel 2cm hoch mit Sand überdeckt ist. Mit einem Aufwand von 750 Mk. wurde die Filterfläche um 380 qm vergrössert. Der Sandverbrauch ist um ca. 20% geringer, als nach dem sonst üblichen Verfahren.

Wenn der Schmutz in die Sandschichte des Filterbetts etwa 4cm tief eingedrungen ist, so ist die oberste Lage derselben von ca. 5—8cm Höhe abzunehmen und durch gereinigten Sand zu ersetzen, sofern bei stärkeren Sandschichten nicht vorgezogen wird, die Abnützung lagenweise bis auf eine Stärke von 0,35m fortzusetzen und dann erst die Ergänzung des Filterbetts wieder vorzunehmen.

Die Geschwindigkeit des Wassers beim Durchgang durch die Filter lässt sich zu ca. 0,1mm pro Secunde annehmen.

Filter- und Reinwasserbassins, sowie die Vertheilungs-(Hoch-)reservoire sind womöglich zu überwölben und sodann noch mit einer ca. 1,2m hohen Erdschichte zu überdecken. Diese Bauten werden gewöhnlich auf natürlichen Anhöhen in gewachsenem Grund und mit wasserdichtem Mauerwerk (das mit senkrechtem Anlauf herzustellen ist und zweckmässig noch einen glatten Portlandcementverputz von ca. 1,5cm Stärke im Innern erhält) hergestellt.

Wo Hochreservoire z. B. in Ebenen nur mit grossen Kosten hergestellt werden können, greift man, um die erforderliche Druckhöhe zu erhalten, häufig zur Anlage von ummauerten, eisernen Standröhren mit grossem Durchmesser, welche oft bis zu 300 cbm zu fassen vermögen, um Feuerlöschzwecken zu genügen. Bei derartigen Anlagen müssen jedoch an die Pumpen und Maschinen höhere Anforderungen bezüglich der Solidität, Leistungsfähigkeit etc. gestellt werden, als bei Druckwerken mit Hochreservoirs. Auch empfiehlt sich alsdann die Aufstellung mehrerer von einander unabhängig arbeitender Maschinen, welche entweder als Cornwall'sche, als Woolf'sche oder als horizontale Maschinen mit Condensation und mit Expansion construirt werden. Die beiden ersteren empfehlen sich bei hohen Kohlenpreisen und bei sehr grossen Anlagen, da sie einen geringen Kohlenverbrauch haben.

Den Abmessungen von Reinwasserbassins und Vertheilungsreservoirs wird bei mittelgrossen und kleinen Anlagen gewöhnlich der Wasserbedarf eines Tages zu Grunde gelegt.

Der Boden solcher Bassins wird gewöhnlich aus zwei in Portlandcementmörtel versetzten, flachen Backsteinschichten, welche auf eine Beton- oder Rollschichte gelegt werden und einen 25mm starken geglätteten Portlandcementverputz erhalten, hergestellt.

Bei der neuen Augsburger Wasserversorgung wurden 4 Druckwindkessel von 10m Höhe und 1,75m Durchmesser in den Druckröhrenstrang eingeschaltet, um bei grösseren Bränden dem im Röhrennetz enthaltenen, mit 4 Atmosphären gepressten Wasser einen um 1—2 Atmosphären höheren Druck geben zu können.

Ueber Pumpen und Windkessel, s. Maschinenbau.

Hydraulische Widder. Schmid'sche und Kröber'sche Motoren.

Zur Wasserversorgung von kleineren Ortschaften, Höfen u. dergl. eignen sich häufig die nachstehenden hydraulischen Motoren:

1) bei grösseren Gefällen

die Hydromotoren von Schmid und Kröber, F. Lohr, Ravensburg.

Die Wassermotoren von Kröber in Stuttgart sind Kolbenmaschinen mit durch den oscillirenden Cylinder bewirkter Steuerung. Es bestehen zwei Constructionen: 1) die doppeltwirkende Wasserkraftmaschine zur Verwendung für beliebigen Bedarf; 2) die pat. Wassersäulenpumpe. Der Wirkungsgrad der Kröber'schen Motoren ist auch bei kleineren Gefällen bis zu 6m ein sehr hoher und beträgt mind. 80%. Die Einfachheit der Construction 2 macht letztere als Fördermaschine, z. B. zur Wasserversorgung hochgelegener Gemeinden etc., sehr geeignet. Die Wassersäulenpumpe ist Motor und Pumpe in einem Stücke und besitzt nur einen Kolben, welcher den auf seiner hinteren Seite im vollen Querschnitt empfangenen Wasserdruck unmittelbar auf

Digitized by Google

das im vorderen Raume in der Ringfläche zwischen Cylinderwand und verdickter Kolbenstange (Plunger) befindliche Wasser überträgt und letzteres als Förderwasser in das Steigrohr presst. Pumpenventile sind nicht vorhanden. Ein Triebwasser- und ein Förderwasser-Windkessel sind mit der Anlage verbunden. Das verbrauchte Triebwasser fliesst durch ein Rohr ab. Der Gang ist stossfrei und regelmässig; die Anlage bedarf selbst bei ununterbrochenem Gang der Maschine keiner Aufsicht.

Bei der Wasserversorgungsanlage in Dennach betrug der effective Triebwasserdruck 28^{m}, der effective Förderdruck über Maschinenmittel 201^{m}, wobei die Maschine bei 50 Touren pro Minute 125 l Triebwasser verbrauchte und 16½ l auf obige Höhe förderte. Der Gesammtwirkungsgrad bezifferte sich demnach auf den hohen Betrag von $\frac{16\frac{1}{2}}{125+16\frac{1}{2}} \cdot \frac{201}{28} = 0{,}84$. Der Maschinenraum ist im Lichten 4,4^{m} lang und 3,7^{m} breit. Die Kosten der ganzen Pumpstation betrugen nur 5200 Mk., wovon 2870 Mk. auf das Pumpwerk selbst entfallen. Das Werk ist für eine Einwohnerzahl von 346 Seelen berechnet und vermag bis zu 30,000 l Wasser täglich zu fördern.

Diese Maschinen werden für jede Förderhöhe bis zu 300^{m} und von den kleinsten Triebwassermengen an bis zu 30 Sek.-Liter durch Gebrüder Sulzer in Winterthur (Filiale in Ludwigshafen a. Rh.) geliefert. Bei grösseren Triebwassermengen kommen zwei oder mehr Maschinen zur Anwendung, welche je einzeln oder auch gekuppelt laufen können.

2) Die hydraulischen Widder sind schon bei einer Druckhöhe des Wassers im Triebrohr von 0,5^{m} anzuwenden. Der Nutzeffect beträgt 40—80%. Bezeichnet h die vorhandene Gefällhöhe, H die Steighöhe vom Wasserspiegel im Speisereservoir bis zur Ausmündung in Metern, Q die verlorene, q die geförderte Wassermenge in Litern pro Minute, so ist der maschinelle Wirkungsgrad η

$$\eta = \frac{q \cdot H}{Q \cdot h}.$$

Nach Eytelwein ist $\eta = 1{,}12 - 0{,}2 \sqrt{\frac{H}{h}}$.

Der Durchmesser d_1 des Zuflussrohres in ^{mm} soll sein $d_1 = 9{,}6 \sqrt{Q+q}$, seine Länge l_1 in ^{m} $l_1 = H + 0{,}3 \frac{H}{h}$, der Durchmesser d_2 des Steigrohrs $d_2 = \frac{1}{2} d_1$, der Inhalt des Windkessels soll gleich dem des Steigrohrs sein.

Wird bei Widderanlagen das Verhältniss zwischen h und H grösser als das 9 bis 11fache, so wird der Nutzeffect geringer, z. B. beträgt derselbe nur etwa 20%, wenn H = 30 . h ist, dagegen steigt er bis auf 75%, wenn H = 2 bis 8 h ist.

Im Allgemeinen kann man mit den Widdern das Wasser etwa 30 Mal höher treiben als die Gefällshöhe des Betriebswassers beträgt; die Druckhöhe richtet sich selbstverständlich auch nach der Menge des zu fördernden Wassers. Der Windkessel mit dem Absperrventil wird der Kopf, das Zuflussrohr der Körper des Widders genannt.

Widder liefern W. Garvens, Hannover, die deutsche Wasserwerks-Gesellschaft, Höchst a. M., das Gas- und Wasserleitungsgeschäft, Stuttgart, Bopp und Reutter, Mannheim, F. Lohr, Ravensburg, u. A.

Bei hydraulischen Widdern ist die Betriebswasserleitung so anzulegen, dass die in Folge Schliessens des Stossventils rückläufige Bewegung des Wassers schon beendet ist, bevor neues Wasser dem Stossventil zufliesst. Die Länge der Triebleitung ist somit abhängig vom Durchmesser derselben. Längere Triebleitungen müssen auch weiter sein oder man schaltet einen besonderen Zwischenschacht ein. Die dem Widder zunächst liegenden Röhren der Triebleitung werden durch Flanschen und Schrauben verbunden, da die Bleiverpackungen der Muffen durch die Stösse des Widders gerne hinausgeschoben werden. Gute Stossventile aus Hartbronce sind unumgänglich nothwendig. Bei sehr variabler Betriebs-Wassermenge thut man gut, zwei Widder von verschiedener Grösse und verschiedenem Wasserbedarf aufzustellen. Wechselt das Betriebwasser innerhalb engerer Grenzen, so genügt es, für einen Widder zweierlei Stossventile mit verschieden grossen Ausflussöffnungen zu haben. Auch durch Aenderung am Ventilhub und durch Beschweren des Ventils kann eine Regulirung stattfinden.

Digitized by Google

Bei einer von H. Rheinhard im Jahre 1886 auf der Staatsdomäne Bronnhaupten in Württemberg ausgeführten Widderanlage wurden zur Vermeidung von Betriebsstörungen zwei Widder nebeneinander aufgestellt. Dieselben hatten die No. 5 der Höchster Wasserwerksgesellschaft und zwei Stossventile mit verschieden grossen Ausflussöffnungen.

Das Triebwassergefälle betrug 5,5^{m}, die Länge der Triebwasserleitung 25^{m} und ihre Lichtweite 50^{mm}, die Steighöhe des Druckwassers 45^{m}, die Länge der Druckwasserleitung 335^{m} und deren Weite 50^{mm}.

Von einer von den Quellen gelieferten Gesammtwassermenge von 103 l pro Minute wurde durch beide Widder gefördert bei 70—75 Schlägen pro Minute 9,1 l oder pro Tag 13,1 cbm.

Ein Widder förderte bei einer Wassermenge

von	55,2 l	pro Minute	5 l,	pro Tag	7,2 cbm,
«	46,2 l	« «	4 l,	« «	5,8 cbm,
«	25,0 l	« «	2,25 l,	« «	3,2 cbm.

Die gesammte Anlage kostete sammt dem 10 cbm Wasser haltenden Reservoir und der 270^{m} langen, 50^{mm} weiten Zuleitung zum Hofe nebst den Hausleitungen 2800 Mark.

Bei einer vom Civilingenieur F. Lohr in Ravensburg (Bayern) ausgeführten Hochdruckwidderanlage in Reinhardsweiler beträgt das Druckgefälle 19,5^{m}, die Steighöhe 59,6, das Betriebswasser, im Sammler gemessen, 73 l f. d. Minute, das Förderwasser 18,7 l desgl., Wirkungsgrad 0,782. Stossventile nach 2jähriger Arbeit noch tadellos.

Vertheilung des Wassers.

Es ist in der Regel gleichgiltig, ob die Vertheilung des Wassers durch einen einzigen Röhrenstrang oder durch mehrere geschieht, stets ist aber darauf zu achten, dass die Geschwindigkeit im Rohre den Werth von 3^{m} nicht übersteigt, weil bei diesem Werthe der Asphaltüberzug der Röhren abgerissen wird. Ist also Q das zu vertheilende Wasserquantum, d die Lichtweite des Rohres, so muss die Ungleichung erfüllt sein: $d > 0{,}65 \sqrt{Q}$. Die Zuleitung eines bestimmten Wasserquantums Q nach irgend einer Stelle kostet am wenigsten, wenn sie in einem einzigen Rohre erfolgt. Leitet man dasselbe Quantum in 2 Röhren, also in jedem $\frac{Q}{2}$, so betragen die Kosten etwa das anderthalbfache etc. Bei der Wasservertheilung innerhalb eines grösseren Versorgungs-Objectes bildet jede Hauptleitung mit ihren Abzweigungen einen, von einem Punkte aus gespeisten, abgeschlossenen Theil des Röhrennetzes und ist die Berechnung der Lichtweiten für diese Rohrstränge so zu behandeln, als ob das sogen. Verästelungssystem angewendet würde. Die Hauptstränge sind jedoch unter sich zu verbinden und mit ihnen ein Rohrnetz ersten Ranges über das Versorgungsobject zu legen, wobei dessen Leistungsfähigkeit so bemessen werden muss, dass jederzeit eine Rohrstrecke unterbrochen sein darf, ohne dass die übrige Versorgung leidet. An die Hauptstränge schliessen sich die Stränge zweiter Ordnung an, die innerhalb der vor den Hauptsträngen umschlossenen Rayons in ganz gleicher Weise zu behandeln sind, wie die ersteren in Bezug auf die ganze Versorgung. Bei Festsetzung der Minimal-Dimension im Rohrnetze ist zu beachten, dass, falls dasselbe benützt werden soll, um direct aus den Hydranten gegen Feuersgefahr einzugreifen, kein öffentlicher Rohrstrang unter 100^{mm} Lichtweite haben darf, wenn die Geschwindigkeit des Wassers in demselben nicht mehr als 1^{m} (das übliche Maass) betragen soll.

An den Haupttheilpunkten eines Röhrennetzes werden in der Regel Theilkasten mit Luftschraube und Entleerungshahn in gemauerten Schachten angebracht; an diese schliessen sich die Vertheilungsschieber an. Bei secundären Strängen werden die Vertheilungsschieber in den Boden eingegraben und der Kopf der Spindel von oben durch eine Schlüsselstange, welche mit Schutzrohr und Strassenkappe versehen ist, zugänglich gemacht. Jeder einzelne Strang soll für sich entleert werden können und

Digitized by Google

erhält deshalb, wenn er nicht gegen einen Theilkasten abfällt, besonderen Leerlauf (Spülschliesse). Wo ein Abführen des Wassers aus den Leerläufen und Spülschliessen nach Kanälen unthunlich ist, pflegt man sogen. Senkschächte (Versitzgruben) zur Wasseraufnahme zu benutzen.

Das Verästelungssystem wird heutzutage nur noch ausnahmsweise (bei langgedehnten, schmalen Versorgungsobjecten etc.) angewendet, weil die Wasserqualität gegen die Enden der Rohrstränge schlecht wird und überhaupt je nach Lage der Entnahmestelle variirt.

In Städten, in welchen die Hebung des Wassers viele Kosten verursacht, empfiehlt es sich häufig, die Vertheilungsreservoirs in verschiedenen Höhen anzulegen, d. h. eine Eintheilung nach Druckzonen vorzunehmen, von welchen aus das Wasser in die einzelnen Stadttheile mit dem der Höhenlage derselben entsprechenden Druck geleitet wird. Auch hier ist eine Verbindung der Leitungen, namentlich etwaiger Feuersbrünste halber, wünschenswerth. Da bei Feuersbrünsten oft ein höherer als der normale Druck erforderlich wird, so bringt man zuweilen bei Pumpwerken neben einem kleinen, den Bedarf für 1 Stunde fassenden Hochreservoir noch ein Standrohr in einem Wasserthurm an, um über die Dauer des Brandes einen höheren Druck bewerkstelligen zu können.

Bestimmung der Rohrweiten.

a) Bei Zuströmung des Wassers unter natürlichem Druck s. auch den Aufsatz Forchheimer's in der Zeitschr. d. Ver. deutscher Ingenieure, Heft 16 von 1889.

Das Rohrnetz ist stets so anzulegen, dass einestheils die Druckhöhe unter ein bestimmtes Maass nicht herabsinkt, anderntheils die Kosten möglichst gering werden.

Sind in der Entfernung x vom Sammelbehälter n Leitungen vorhanden und bezeichn. l in m dessen Entfernung von dem mit Wasser zu versorgenden Punkt, q die grösste sekundlich zufliessende Wassermenge in cbm, so ist der Druckhöhenverlust bis zum Endpunkt $h = \int_0^l 0{,}00243 \frac{q^2}{d^5} dx$, welcher Ausdruck also eine bestimmte Grenzzahl nicht überschreiten soll. Hieraus u. a. a. E. ist die weitere Formel $d = \frac{c \cdot q^{\frac{1}{3}}}{n^{\frac{1}{6}}}$ abzuleiten, worin c eine Constante bezeichnet. Es geht hieraus hervor, dass man die Durchmesser proportional der dritten Wurzel von q und umgekehrt proportional der sechsten Wurzel der Zahl der in Betracht kommenden Leitungen anzunehmen hat.

Die Durchflussgeschwindigkeit v wird alsdann $= c_1 n^{\frac{1}{2}} d = c_2 q^{\frac{1}{3}} n^{\frac{1}{3}}$, worin c_1 und c_2 neue Constanten bedeuten, worin die der Einheit sich nähernden Werthe von c, c_1 und c_2 durch Probiren zu ermitteln sind s. die in obiger Quelle durchgeführten Zahlenbeispiele.

b) Bei künstlicher Hebung des Wassers, wobei die Widerstandshöhe $h = 0{,}00243 \frac{q^2}{d^5} l$ ist, zu deren Ueberwindung eine tägliche Arbeit von h . Q erforderlich. Die Anlagekosten sind am geringsten, wenn

$$d^6 = 1050 \frac{k}{K} q^3 \text{ und}$$

$$v = 0{,}125 \sqrt[3]{\frac{K}{k}} \text{ wird.}$$

Für westdeutsche Verhältnisse ist der Werth der Constanten K zu 60 Mk., desgl. von k zu 1,2 Mk. anzunehmen, woraus sich $v = 0{,}46^m$

als die durchschnittliche Jahresgeschwindigkeit ergibt, welche sich im Sommer bis auf das 1½-fache und darüber erhöhen kann.

Für K : k =	40	50	60
wird v =	0,43^{m}	0,46^{m}	0,49^{m}.

Die vortheilhafteste Geschwindigkeit in Druckleitungen ist von deren Länge nahezu unabhängig.

Disselhoff wählte f. d. Remscheider Druckrohr v = 0,36^{m}, Smreker desgl. für die Mannheimer Wasserversorgung v = 0,491 und für diejenige in Laibach = 0,502.

Fink findet, dass die vortheilhafteste Geschwindigkeit nicht viel von 0,63^{m} abweiche.

Wenn ein Druckstrang sich in mehrere nach verschieden hoch gelegenen Behältern führende Stränge theilt, so ist die Widerstandshöhe womöglich gleich anzunehmen, da die Pumpe nur einen gleichen Druck ausübt. Wenn ein Hauptdruckstrang sich in mehrere verzweigt, so ist für alle eine und dieselbe, oben für Westdeutschland zu 0,46^{m} gefundene Geschwindigkeit anzunehmen.

Ueber die Wahl der Rohrweiten bei solchen Druckleitungen, durch welche das Wasser unmittelbar zu dem Verbrauchsort getrieben wird, ferner bei wachsendem Verbrauch sowohl bei unter natürlichem Druck stehenden Leitungen als auch bei Leitungen mit künstlicher Hebung des Wassers s. den oben erwähnten Aufsatz Forchheimer's.

Der Werth des Anlagekapitals von Wasserversorgungsanlagen mit Pumpwerken, welcher zur Bestimmung der Werthe von K und k, s. oben, gedient hat, wurde von Thiem für die Stadt Fürth zu 12 Mk. für 1 mkg wirklich geleistete sekundliche Arbeit, und das zugehörige Betriebskapital zu 152 Mk. berechnet, ferner der Aufwand pro Meter Rohrleitung von 1^{m} Durchmesser zu 75 Mk.; hienach wäre K = 75 Mk., k = 1,89 Mk. und v = 0,43^{m}.

Wegen des ungleichmässigen Betriebs wird eine Metertonne durchschnittliche tägliche Reibungsarbeit etwa 500 Metertonnen wirkliche Jahresarbeit (statt 365) erfordern und zur Verrichtung dieser Arbeit ein Kohlenverbrauch von 4 kg stattfinden.

Aus Disselhoff's Berechnung der Steigrohrweite für die Remscheider Wasserversorgung ergab sich K = 55 Mk. und k = 1 Mk. 21 Pf. bei einem Zinsfuss von 7%.

Bei gleichbleibender Durchflussmenge lassen sich hienach bei verschiedenen Geschwindigkeiten die Rohrweiten und Rohrkosten, sowie die Kosten des Pumpwerks und der kapitalisirten Betriebsauslagen berechnen, wonach die Wahl zu treffen, namentlich die Geschwindigkeit zu bestimmen ist.

Wird der Berechnung der Lichtweiten von Wasserleitungsröhren die Kutter'sche Formel (s. Hydraulik) und mit Rücksicht auf die unvermeidlichen Inkrustationen der Innenwände der Röhren die IV. Kategorie mit dem Rauhigkeitscoëfficienten m = 0,25 zu Grunde gelegt, so wird

$$K = \frac{100 \sqrt{D}}{0{,}5 + \sqrt{D}},$$ woraus für D in Metern

D =	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,125	0,15	0,175	0,20	0,225
K =	28,6	30,9	32,9	34,6	36,1	37,5	38,7	41,4	43,7	45,6	47,1	48,7

D =	0,25	0,275	0,30	0,325	0,35	0,375	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65
K =	50,0	51,2	52,3	53,3	54,2	55,1	55,9	57,3	58,6	59,7	60,8	61,7

Aus der Formel $v = 0{,}707\ K \sqrt{\frac{D}{2} i}$, worin i das Gefäll, pro Meter Länge und v die Geschwindigkeit des Wassers in den Rohrleitungen bezeichnet, ergibt sich die pro Sekunde aus volllaufenden Leitungen in Litern abfliessende Wassermenge Q aus nachstehenden Tabellen:

Digitized by Google

Durchm. in Mtrn. =	0,04		0,05		0,06		0,07		0,08		0,09		0,10	
Gefäll.	u	Q	u	Q	u	Q	u	Q	u	Q	u	Q	u	Q
1: 10	0,90	1,1	1,09	2,1	1,21	3,6	1,45	5,6	1,61	8,1	1,78	11,3	1,94	15,2
1: 15	0,74	0,9	0,89	1,8	1,04	2,9	1,18	4,5	1,32	6,6	1,45	9,2	1,58	12,4
1: 20	0,64	0,8	0,77	1,5	0,90	2,6	1,03	3,9	1,14	5,7	1,26	8,0	1,37	10,8
1: 25	0,57	0,7	0,69	1,4	0,81	2,3	0,92	3,5	1,02	5,1	1,13	7,2	1,22	9,6
1: 30	0,52	0,7	0,63	1,2	0,74	2,1	0,84	3,2	0,93	4,7	1,03	6,5	1,12	8,8
1: 35	0,48	0,6	0,59	1,1	0,68	1,9	0,77	3,0	0,86	4,3	0,95	6,1	1,03	8,1
1: 40	0,45	0,6	0,55	1,0	0,64	1,8	0,72	2,8	0,81	4,1	0,89	5,7	0,97	7,6
1: 45	0,43	0,5	0,52	1,0	0,60	1,7	0,68	2,6	0,76	3,8	0,84	5,3	0,91	7,2
1: 50	0,40	0,5	0,49	0,9	0,57	1,6	0,65	2,5	0,72	3,6	0,80	5,0	0,87	6,8
1: 60	0,37	0,5	0,45	0,9	0,52	1,5	0,59	2,3	0,66	3,3	0,73	4,6	0,79	6,2
1: 70	0,34	0,4	0,41	0,8	0,48	1,4	0,55	2,1	0,61	3,1	0,67	4,3	0,73	5,8
1: 80	0,32	0,4	0,39	0,8	0,45	1,3	0,51	2,0	0,57	2,9	0,63	4,0	0,68	5,4
1: 90	0,30	0,4	0,37	0,7	0,43	1,2	0,48	1,9	0,54	2,7	0,59	3,8	0,65	5,1
1: 100	0,29	0,4	0,35	0,7	0,40	1,1	0,46	1,8	0,51	2,6	0,56	3,6	0,61	4,8
1: 125	0,26	0,3	0,31	0,6	0,36	1,0	0,41	1,6	0,46	2,3	0,50	3,2	0,55	4,3
1: 150	0,23	0,3	0,28	0,6	0,33	0,9	0,37	1,4	0,42	2,1	0,46	2,9	0,50	3,9
1: 175	0,21	0,3	0,26	0,5	0,31	0,9	0,34	1,3	0,39	1,9	0,43	2,7	0,46	3,6
1: 200	0,20	0,3	0,24	0,5	0,29	0,8	0,32	1,2	0,36	1,8	0,40	2,5	0,43	3,4
1: 225	0,19	0,2	0,23	0,5	0,27	0,8	0,31	1,2	0,34	1,7	0,37	2,4	0,41	3,2
1: 250	0,18	0,2	0,22	0,4	0,26	0,7	0,29	1,1	0,32	1,6	0,35	2,3	0,39	3,0
1: 275	0,17	0,2	0,21	0,4	0,24	0,7	0,28	1,1	0,31	1,5	0,34	2,2	0,37	2,9
1: 300	0,17	0,2	0,20	0,4	0,23	0,7	0,27	1,0	0,30	1,5	0,33	2,1	0,35	2,8
1: 325	0,16	0,2	0,19	0,4	0,22	0,6	0,26	1,0	0,28	1,4	0,31	2,0	0,34	2,7
1: 350	0,15	0,2	0,19	0,4	0,22	0,6	0,25	0,9	0,27	1,4	0,30	1,9	0,33	2,6
1: 375	0,15	0,2	0,18	0,4	0,21	0,6	0,24	0,9	0,26	1,3	0,29	1,8	0,32	2,5
1: 400	0,14	0,2	0,17	0,3	0,20	0,6	0,23	0,9	0,26	1,3	0,28	1,8	0,31	2,4
1: 425	0,14	0,2	0,17	0,3	0,20	0,6	0,22	0,9	0,25	1,2	0,27	1,7	0,30	2,3
1: 450	0,13	0,2	0,16	0,3	0,19	0,5	0,22	0,8	0,24	1,2	0,27	1,7	0,29	2,3
1: 475	0,13	0,2	0,16	0,3	0,18	0,5	0,21	0,8	0,23	1,2	0,26	1,6	0,28	2,2
1: 500	0,13	0,2	0,15	0,3	0,18	0,5	0,21	0,8	0,23	1,1	0,25	1,6	0,27	2,2
1: 550	0,12	0,2	0,15	0,3	0,17	0,5	0,20	0,8	0,22	1,1	0,24	1,5	0,26	2,1
1: 600	0,12	0,1	0,14	0,3	0,17	0,5	0,19	0,7	0,21	1,0	0,23	1,5	0,25	2,0
1: 650	0,11	0,1	0,14	0,3	0,16	0,4	0,18	0,7	0,20	1,0	0,22	1,4	0,24	1,9
1: 700	0,11	0,1	0,13	0,3	0,15	0,4	0,17	0,7	0,19	1,0	0,21	1,4	0,23	1,8
1: 750	0,10	0,1	0,13	0,2	0,15	0,4	0,17	0,6	0,19	0,9	0,21	1,3	0,22	1,8
1: 800	—	—	0,12	0,2	0,14	0,4	0,16	0,6	0,18	0,9	0,20	1,3	0,22	1,7
1: 850	—	—	0,12	0,2	0,14	0,4	0,16	0,6	0,18	0,9	0,19	1,2	0,21	1,7
1: 900	—	—	0,11	0,2	0,13	0,4	0,15	0,6	0,17	0,9	0,19	1,2	0,20	1,6
1: 950	—	—	0,11	0,2	0,13	0,4	0,15	0,6	0,17	0,8	0,18	1,2	0,20	1,6
1: 1000	—	—	0,11	0,2	0,13	0,4	0,15	0,6	0,16	0,8	0,18	1,1	0,19	1,5
1: 1100	—	—	0,10	0,2	0,12	0,3	0,14	0,5	0,15	0,8	0,17	1,1	0,18	1,5
1: 1200	—	—	—	—	0,12	0,3	0,13	0,5	0,15	0,7	0,16	1,0	0,18	1,4
1: 1300	—	—	—	—	0,11	0,3	0,13	0,5	0,14	0,7	0,16	1,0	0,17	1,3
1: 1400	—	—	—	—	0,11	0,3	0,12	0,5	0,14	0,7	0,15	1,0	0,16	1,3
1: 1500	—	—	—	—	0,10	0,3	0,12	0,5	0,13	0,7	0,15	0,9	0,16	1,2
1: 1600	—	—	—	—	—	—	0,11	0,4	0,13	0,6	0,14	0,9	0,15	1,2
1: 1700	—	—	—	—	—	—	0,11	0,4	0,12	0,6	0,14	0,9	0,15	1,2
1: 1800	—	—	—	—	—	—	0,11	0,4	0,12	0,6	0,13	0,8	0,14	1,1
1: 1900	—	—	—	—	—	—	0,11	0,4	0,12	0,6	0,13	0,8	0,14	1,1
1: 2000	—	—	—	—	—	—	0,10	0,4	0,11	0,6	0,13	0,8	0,14	1,1

Digitized by Google

Durchm. in Mtrn. =	0,125		0,15		0,175		0,20		0,225		0,25		0,275	
Gefäll.	u	Q	u	Q	u	Q	u	Q	u	Q	u	Q	u	Q
1 : 10	2,31	28,4	2,68	47,3	3,02	72,5	3,33	104,6	3,65	145,2	3,95	194,0	4,25	252,1
1 : 15	1,89	23,2	2,19	38,6	2,46	59,2	2,71	85,4	2,98	118,5	3,23	158,4	3,47	205,8
1 : 20	1,64	20,1	1,89	33,4	2,13	51,3	2,36	74,0	2,53	102,7	2,80	137,2	3,00	178,3
1 : 25	1,46	18,0	1,69	29,9	1,91	45,9	2,11	66,2	2,31	91,6	2,50	122,7	2,69	159,4
1 : 30	1,34	16,4	1,55	27,3	1,74	41,9	1,92	60,4	2,11	83,8	2,28	112,0	2,45	145,5
1 : 35	1,24	15,2	1,43	25,2	1,61	38,8	1,78	55,9	1,95	77,6	2,11	103,7	2,27	134,7
1 : 40	1,16	14,2	1,34	23,6	1,51	36,3	1,67	52,3	1,83	72,6	1,98	97,0	2,12	126,0
1 : 45	1,09	13,4	1,26	22,3	1,42	34,2	1,57	49,3	1,72	68,4	1,86	91,4	2,00	118,8
1 : 50	1,04	12,7	1,20	21,1	1,40	32,4	1,49	46,8	1,63	64,9	1,77	86,8	1,90	112,7
1 : 60	0,95	11,6	1,09	19,3	1,23	29,6	1,36	42,7	1,49	59,3	1,61	79,2	1,73	102,9
1 : 70	0,88	10,7	1,01	17,9	1,14	27,4	1,26	39,5	1,38	54,9	1,49	73,3	1,60	95,3
1 : 80	0,82	10,0	0,95	16,7	1,07	25,6	1,18	37,0	1,29	51,3	1,40	68,6	1,50	89,1
1 : 90	0,77	9,5	0,89	15,8	1,01	24,2	1,11	34,9	1,22	48,4	1,32	64,7	1,42	84,0
1 : 100	0,73	9,0	0,85	14,9	0,95	22,9	1,03	33,1	1,16	45,9	1,25	61,3	1,34	79,7
1 : 125	0,65	8,0	0,76	13,4	0,85	20,5	0,94	29,6	1,03	41,1	1,12	54,9	1,20	71,3
1 : 150	0,60	7,3	0,69	12,2	0,78	18,7	0,86	27,0	0,94	37,5	1,02	50,1	1,10	65,1
1 : 175	0,55	6,8	0,64	11,3	0,72	17,3	0,80	25,0	0,87	34,7	0,95	46,4	1,02	60,3
1 : 200	0,52	6,4	0,60	10,6	0,67	16,2	0,75	23,4	0,82	32,5	0,88	43,4	0,95	56,4
1 : 225	0,49	6,0	0,56	10,0	0,64	15,3	0,70	22,1	0,77	30,6	0,83	40,9	0,90	53,1
1 : 250	0,46	5,7	0,54	9,5	0,60	14,5	0,67	20,9	0,73	29,0	0,79	38,8	0,85	50,4
1 : 275	0,44	5,4	0,51	9,0	0,58	13,8	0,64	19,9	0,70	27,7	0,75	37,0	0,81	48,1
1 : 300	0,42	5,2	0,49	8,6	0,55	13,2	0,61	19,1	0,67	26,5	0,72	35,4	0,78	46,0
1 : 325	0,41	5,0	0,47	8,3	0,33	12,7	0,58	18,3	0,64	25,5	0,69	34,0	0,75	44,2
1 : 350	0,39	4,8	0,45	8,0	0,51	12,3	0,56	17,7	0,62	24,5	0,67	32,8	0,72	42,6
1 : 375	0,38	4,6	0,44	7,7	0,49	11,8	0,54	17,1	0,60	23,7	0,65	31,7	0,69	41,2
1 : 400	0,37	4,5	0,42	7,5	0,48	11,5	0,53	16,5	0,58	23,0	0,63	30,7	0,67	39,9
1 : 425	0,36	4,4	0,41	7,3	0,46	11,1	0,51	16,0	0,56	22,3	0,61	29,8	0,65	38,7
1 : 450	0,35	4,3	0,40	7,0	0,45	10,8	0,50	15,6	0,54	21,6	0,59	28,9	0,63	37,6
1 : 475	0,34	4,1	0,39	6,9	0,44	10,3	0,48	15,2	0,53	21,1	0,57	28,1	0,62	36,6
1 : 500	0,33	4,0	0,38	6,7	0,43	10,3	0,47	14,8	0,52	20,5	0,56	27,4	0,60	35,7
1 : 550	0,31	3,8	0,36	6,4	0,42	9,8	0,45	14,1	0,49	19,6	0,53	26,2	0,57	34,0
1 : 600	0,30	3,7	0,35	6,1	0,39	9,4	0,43	13,5	0,47	18,7	0,51	25,0	0,55	32,5
1 : 650	0,29	3,5	0,34	5,8	0,37	9,0	0,41	13,0	0,45	18,0	0,49	24,1	0,53	31,3
1 : 700	0,28	3,4	0,32	5,6	0,36	8,7	0,40	12,5	0,44	17,4	0,47	23,2	0,51	30,1
1 : 750	0,27	3,3	0,31	5,5	0,35	8,4	0,39	12,1	0,42	16,8	0,46	22,4	0,49	29,1
1 : 800	0,26	3,2	0,30	5,3	0,34	8,1	0,37	11,7	0,41	16,2	0,44	21,7	0,48	28,2
1 : 850	0,25	3,1	0,29	5,1	0,33	7,9	0,36	11,3	0,40	15,7	0,43	21,0	0,46	27,3
1 : 900	0,24	3,0	0,28	5,0	0,32	7,6	0,35	11,0	0,39	15,3	0,42	20,4	0,45	26,6
1 : 950	0,24	2,9	0,27	4,9	0,31	7,4	0,34	10,7	0,38	14,9	0,41	19,9	0,44	25,9
1 : 1000	0,23	2,8	0,27	4,7	0,30	7,2	0,33	10,4	0,37	14,5	0,40	19,4	0,42	25,2
1 : 1100	0,22	2,7	0,26	4,5	0,29	6,9	0,32	10,0	0,35	13,8	0,38	18,5	0,41	24,0
1 : 1200	0,21	2,6	0,24	4,3	0,28	6,6	0,30	9,5	0,33	13,3	0,36	17,7	0,39	23,0
1 : 1300	0,20	2,5	0,24	4,1	0,26	6,4	0,29	9,2	0,32	12,7	0,35	17,0	0,37	22,1
1 : 1400	0,20	2,4	0,23	4,0	0,26	6,1	0,28	8,8	0,31	12,3	0,33	16,4	0,36	21,3
1 : 1500	0,19	2,3	0,22	3,9	0,25	5,9	0,27	8,5	0,30	11,9	0,32	15,8	0,35	20,8
1 : 1600	0,18	2,2	0,21	3,7	0,24	5,7	0,26	8,3	0,29	11,5	0,31	15,3	0,34	19,9
1 : 1700	0,18	2,2	0,21	3,6	0,23	5,6	0,26	8,0	0,28	11,1	0,30	14,9	0,33	19,3
1 : 1800	0,17	2,1	0,20	3,5	0,23	5,4	0,25	7,8	0,27	10,8	0,30	14,5	0,32	18,8
1 : 1900	0,17	2,1	0,19	3,4	0,22	5,3	0,24	7,6	0,27	10,5	0,29	14,1	0,31	18,3
1 : 2000	0,16	2,0	0,18	3,3	0,21	5,1	0,24	7,4	0,26	10,3	0,28	13,7	0,30	17,8

Digitized by Google

Durchm. in Mtrn. =	0,30		0,325		0,35		0,375		0,40		0,425		0,45	
Gefäll.	u	Q	u	Q	u	Q	u	Q	u	Q	u	Q	u	Q
1 : 10	4,53	320	4,80	399	5,07	488	5,63	589	5,59	702	5,83	828	6,08	966
1 : 15	3,70	261	3,92	325	4,14	398	4,36	481	4,56	574	4,76	676	4,96	789
1 : 20	3,20	226	3,40	282	3,58	345	3,77	417	3,95	497	4,13	585	4,30	683
1 : 25	2,86	202	3,04	252	3,21	308	3,37	373	3,54	444	3,69	523	3,84	611
1 : 30	2,62	185	2,77	230	2,93	282	3,08	340	3,23	406	3,37	478	3,51	558
1 : 35	2,42	171	2,57	213	2,71	261	2,85	315	2,99	375	3,12	442	3,25	517
1 : 40	2,26	160	2,40	199	2,54	244	2,67	295	2,80	351	2,92	414	3,04	483
1 : 45	2,14	151	2,26	188	2,39	230	2,51	278	2,64	331	2,75	390	2,86	456
1 : 50	2,03	143	2,15	178	2,27	218	2,39	264	2,50	314	2,61	370	2,72	432
1 : 60	1,85	131	1,96	163	2,07	199	2,18	241	2,28	287	2,38	338	2,48	395
1 : 70	1,71	121	1,82	151	1,92	184	2,02	223	2,11	266	2,21	313	2,30	365
1 : 80	1,60	113	1,70	141	1,79	172	1,89	208	1,98	248	2,06	293	2,15	342
1 : 90	1,51	107	1,60	133	1,69	163	1,78	196	1,86	234	1,94	276	2,03	322
1 : 100	1,43	101	1,52	126	1,60	154	1,69	186	1,77	222	1,85	262	1,92	306
1 : 125	1,28	91	1,36	113	1,43	138	1,51	167	1,58	199	1,65	234	1,72	273
1 : 150	1,17	83	1,24	103	1,31	126	1,38	152	1,44	181	1,51	214	1,57	250
1 : 175	1,08	77	1,15	95	1,21	117	1,27	141	1,34	168	1,39	198	1,45	231
1 : 200	1,01	72	1,07	89	1,13	109	1,19	132	1,25	157	1,30	185	1,36	216
1 : 225	0,96	68	1,01	84	1,07	103	1,13	124	1,18	148	1,23	174	1,28	204
1 : 250	0,91	64	0,96	80	1,01	98	1,07	118	1,12	141	1,17	166	1,22	193
1 : 275	0,86	61	0,92	76	0,97	93	1,02	112	1,07	134	1,11	158	1,16	184
1 : 300	0,83	58	0,88	73	0,93	89	0,97	108	1,02	128	1,07	151	1,11	176
1 : 325	0,79	56	0,84	70	0,89	86	0,94	103	0,98	123	1,05	145	1,07	170
1 : 350	0,77	54	0,81	67	0,86	82	0,90	100	0,95	119	0,99	140	1,03	163
1 : 375	0,74	52	0,78	65	0,83	80	0,87	96	0,91	115	0,95	135	0,99	158
1 : 400	0,72	51	0,76	63	0,80	77	0,84	93	0,88	111	0,92	131	0,96	153
1 : 425	0,70	49	0,74	61	0,78	75	0,82	90	0,86	108	0,90	127	0,93	148
1 : 450	0,68	48	0,72	59	0,76	73	0,80	88	0,83	105	0,87	123	0,91	144
1 : 475	0,66	46	0,70	58	0,74	71	0,77	86	0,81	102	0,85	120	0,88	140
1 : 500	0,64	45	0,68	56	0,72	69	0,75	83	0,79	99	0,83	117	0,86	137
1 : 550	0,61	43	0,65	54	0,68	66	0,72	79	0,75	95	0,79	112	0,82	130
1 : 600	0,59	41	0,62	51	0,65	63	0,69	76	0,72	91	0,75	107	0,78	125
1 : 650	0,56	40	0,60	49	0,63	61	0,66	73	0,69	87	0,72	103	0,75	120
1 : 700	0,54	38	0,57	48	0,61	58	0,64	70	0,67	84	0,70	99	0,73	116
1 : 750	0,52	37	0,55	46	0,59	56	0,62	68	0,65	81	0,67	96	0,70	112
1 : 800	0,51	36	0,54	45	0,57	55	0,60	66	0,63	79	0,65	93	0,68	108
1 : 850	0,49	35	0,52	43	0,55	53	0,58	64	0,61	76	0,63	90	0,66	105
1 : 900	0,48	34	0,51	42	0,53	51	0,56	62	0,59	74	0,62	87	0,64	102
1 : 950	0,47	33	0,49	41	0,52	50	0,55	60	0,57	72	0,60	84	0,62	99
1 : 1000	0,45	32	0,48	40	0,51	49	0,53	59	0,56	70	0,58	83	0,61	97
1 : 1100	0,43	31	0,46	38	0,48	47	0,51	56	0,53	67	0,56	79	0,58	92
1 : 1200	0,41	29	0,44	36	0,46	45	0,49	54	0,51	64	0,53	76	0,56	88
1 : 1300	0,40	28	0,42	35	0,45	43	0,47	52	0,49	62	0,51	73	0,53	85
1 : 1400	0,38	27	0,41	34	0,43	41	0,45	50	0,47	59	0,49	70	0,51	82
1 : 1500	0,37	26	0,39	33	0,41	40	0,44	48	0,46	57	0,48	68	0,50	79
1 : 1600	0,36	25	0,38	32	0,40	39	0,42	47	0,44	56	0,46	65	0,48	76
1 : 1700	0,35	25	0,37	31	0,39	37	0,41	45	0,43	54	0,45	64	0,47	74
1 : 1800	0,34	24	0,36	30	0,38	36	0,40	44	0,42	52	0,44	62	0,45	72
1 : 1900	0,33	23	0,35	29	0,37	35	0,39	43	0,41	51	0,42	60	0,44	70
1 : 2000	0,32	23	0,34	28	0,36	35	0,38	42	0,40	50	0,41	59	0,43	68

Digitized by Google

Durchm. in Mtrn. =	0,475		0,50		0,55		0,60		0,65	
Gefäll.	u	Q	u	Q	u	Q	u	Q	u	Q
1 : 10	6,32	1120	6,55	1286	7,00	1663	7,45	2105	7,86	2610
1 : 15	5,16	914	5,35	1050	5,72	1358	6,08	1719	6,42	2131
1 : 20	4,47	792	4,63	910	4,95	1176	5,26	1488	5,56	1845
1 : 25	4,00	708	4,14	813	4,43	1052	4,71	1331	4,97	1650
1 : 30	3,65	647	3,78	743	4,04	960	4,30	1215	4,54	1507
1 : 35	3,38	599	3,50	688	3,74	889	3,98	1125	4,20	1395
1 : 40	3,16	560	3,28	643	3,50	831	3,72	1053	3,93	1305
1 : 45	2,98	528	3,09	606	3,30	784	3,51	992	3,71	1230
1 : 50	2,83	501	2,93	575	3,13	744	3,33	941	3,52	1167
1 : 60	2,58	457	2,67	525	2,86	679	3,04	859	3,21	1065
1 : 70	2,39	423	2,48	486	2,65	629	2,81	796	2,97	986
1 : 80	2,23	396	2,32	455	2,48	588	2,63	744	2,78	923
1 : 90	2,11	373	2,18	429	2,33	554	2,48	702	2,62	870
1 : 100	2,00	354	2,07	407	2,21	526	2,35	666	2,49	825
1 : 125	1,79	317	1,85	364	1,98	470	2,11	595	2,22	738
1 : 150	1,63	289	1,69	332	1,81	429	1,92	544	2,03	674
1 : 175	1,51	268	1,57	307	1,67	398	1,78	503	1,88	624
1 : 200	1,41	250	1,47	288	1,57	372	1,67	471	1,76	584
1 : 225	1,33	236	1,38	271	1,48	351	1,57	444	1,66	550
1 : 250	1,26	224	1,31	257	1,40	333	1,49	421	1,57	522
1 : 275	1,21	214	1,25	245	1,34	317	1,42	401	1,50	498
1 : 300	1,15	204	1,20	235	1,28	304	1,36	384	1,44	476
1 : 325	1,11	196	1,15	226	1,23	292	1,31	369	1,38	458
1 : 350	1,07	189	1,11	217	1,18	281	1,26	356	1,33	441
1 : 375	1,03	183	1,07	210	1,14	272	1,22	344	1,28	426
1 : 400	1,00	177	1,04	203	1,11	263	1,18	333	1,24	413
1 : 425	0,97	172	1,01	197	1,07	255	1,14	323	1,21	400
1 : 450	0,94	167	0,98	192	1,04	248	1,11	314	1,17	389
1 : 475	0,92	163	0,95	187	1,02	241	1,08	305	1,14	379
1 : 500	0,89	158	0,93	182	0,99	235	1,05	298	1,11	369
1 : 550	0,85	151	0,88	173	0,94	224	1,00	284	1,06	352
1 : 600	0,82	145	0,85	166	0,90	215	0,96	272	1,02	337
1 : 650	0,78	139	0,81	160	0,87	206	0,92	261	0,98	324
1 : 700	0,76	134	0,78	154	0,84	199	0,89	252	0,94	312
1 : 750	0,73	129	0,76	149	0,81	192	0,86	243	0,91	301
1 : 800	0,71	125	0,73	144	0,78	186	0,83	235	0,88	292
1 : 850	0,69	121	0,71	140	0,76	180	0,81	228	0,85	283
1 : 900	0,67	118	0,69	136	0,74	175	0,79	222	0,83	275
1 : 950	0,65	115	0,67	132	0,72	171	0,76	216	0,81	268
1 : 1000	0,63	112	0,66	129	0,70	166	0,75	211	0,79	261
1 : 1100	0,60	107	0,63	123	0,67	159	0,71	201	0,75	249
1 : 1200	0,58	102	0,60	117	0,64	152	0,68	192	0,72	238
1 : 1300	0,55	98	0,57	113	0,61	146	0,65	185	0,69	229
1 : 1400	0,53	95	0,55	109	0,59	141	0,63	178	0,67	221
1 : 1500	0,52	91	0,54	105	0,57	136	0,61	172	0,64	213
1 : 1600	0,50	89	0,52	102	0,55	132	0,59	166	0,62	206
1 : 1700	0,49	86	0,50	99	0,54	128	0,57	161	0,60	200
1 : 1800	0,47	84	0,49	96	0,52	124	0,56	157	0,59	195
1 : 1900	0,46	81	0,48	93	0,51	121	0,54	153	0,57	189
1 : 2000	0,45	79	0,46	91	0,50	118	0,53	149	0,56	185

Digitized by Google

Die Minimal-Röhrenweite bei Strassen-Leitungen soll nicht weniger als 76mm (3″ engl.), in der Regel aber 100mm (4″ engl.) betragen, s. ferner hierüber Hydraulik.

Wandstärke der Metallröhren.

Die grösste Inanspruchnahme der Röhren findet sowohl bei innerem als bei äusserem Ueberdruck an der Innenfläche statt.

Die zur Bestimmung der **Wandstärke gusseiserner Röhren** seither gewöhnlich angewandte Formel lautet:

$$\delta = \frac{d}{2}\left\{\sqrt{\frac{\frac{f}{n} + p_0}{\frac{f}{n} - p_0 + 2\,p_1}} - 1\right\},$$

worin δ die Wandstärke und d den lichten Rohrdurchmesser in mm, n den Sicherheitscoëfficienten (= 10), f den Festigkeitscoëfficienten für Gusseisen (ca. 13 k pro q^{mm}), p_0 den inneren, p_1 den äusseren Druck, auf die Röhrenwand bezeichnet (Atmosphärendruck = 0,01033 k pro q^{mm}). Diese Formel gibt für kleinere Durchmesser nicht ausführbare Wandstärken und es muss daher die Ausführbarkeits-Wandstärke substituirt werden.

Nach Bach wird diese Formel bei der Berechnung dickwandiger cylindrischer Gefässe (mit Einschluss der Presscylinder) durch nachstehende einfachere Formel

$$D = d\sqrt{\frac{K + 0.4\,p}{K - 1.3\,p}}$$

ersetzt, worin D den äusseren Rohrdurchmesser, p den inneren Ueberdruck, K die zulässige Inanspruchnahme des Cylindermaterials bezeichnet. Bei einem äusseren Ueberdruck p_0 wird

$$D = d\sqrt{\frac{K}{K - 1.7\,p_0}}.$$

Die Fabriken pflegen die Wandstärken nach der empir. Formel $\delta = a + b\,.\,d$ zu berechnen, wobei selbstverständlich die Coëfficienten a und b je nach Beschaffenheit des Materiales verschiedene Werthe annehmen und a die dem einzelnen Materiale angepasste minimale Stärke bedeutet. Diese minimale Stärke ist:

Für Röhren aus	Gusseisen	5—8	mm
« « «	Eisenblech	3—4	«
« « «	Blei, Zinn und Zink . . .	2—3	«
« « «	Kupfer und Messing . . .	1—2	«

Für gutes Gusseisen kann, unter p den inneren Ueberdruck in Atmosphären, d die Lichtweite und δ die Wandstärke in Centimetern verstanden, gesetzt werden:

$$\delta = 0{,}70 + 0{,}003\,.\,p\,.\,d.$$

$\delta = 0{,}00333\,.\,n\,.\,D + 0{,}7$ bei mehr —

und $\delta = 0{,}020\,D + 0{,}7$ bei weniger als 6 Atmosphärenüberdruck (= n).

Die Dicke einer Flantsche = $13^{mm} + 0{,}003\,D$.

Die von dem Verein deutscher Ingenieure und von dem Verein der Gas- und Wasserfachmänner Deutschlands aufgestellte Normaltabelle für gusseiserne Flantschen- und Muffenrohre, sowie für **Façonstücke** ist auf den Seiten 40—42 des geb. Theils enthalten.

Anstrich der gusseisernen Röhren. Verlegen der gusseisernen und der Thonröhren. Reinigung der Rohrleitungen.

Anstrich der Gusseisenrohre. Die Röhren sollen unmittelbar nach dem Giessen und nach der nothwendigen Erkaltung sauber gereinigt und probirt werden, worauf sie auf beiden Seiten zum Schutz gegen Rosten entweder heiss zu machen und zuerst mit einer Netzflüssigkeit (Alkohol, Erdöl, leicht siedende Destillate von Roherdöl u. dergl.), sodann aber mit Theer oder mit einer Mischung von 1 Theil Goudron, 2½ Theilen Asphalt und 4 Theilen Gastheer zu überziehen

Digitized by Google

sind. Es können die Röhren auch in ein heisses aus diesen Stoffen gebildetes Bad eingetaucht werden, auf welches die leichtere Netzflüssigkeit ca. 4^{cm} hoch aufgegossen wird. Unter allen Umständen ist das Ueberstreichen oder Ueberziehen an gerosteten Stellen und die Bildung von Theerblättern oder Bläschen auf den Röhren zu vermeiden, da diese Theerbläschen zerreissen, wodurch das Wasser in unmittelbare Berührung mit dem Eisen tritt und letzteres zum Rosten bringt.

Die Bildung der so schädlichen Rostknollen rührt theils von der mangelhaften Reinigung der Röhren, theils wie eben erwähnt, von dem schlechten Theerüberzug, namentlich aber auch von pflanzlichen vom Wasser mitgeführten Stoffen (Algen) her. Je reicher ein Wasser an den letzteren ist, um so grösser ist die Gefahr des raschen Zuwachsens der Röhren durch Knollenbildungen.

Verlegen von gusseisernen Muffenröhren. Zum Schutz gegen die Einflüsse der Temperaturwechsel müssen die Wasserleitungs-Röhren mindestens 1,5^{m} tief in den Boden eingelegt werden.

Die Dichtung der Muffenröhren geschieht mittelst Einstemmen von geöltem Werg oder von getheerten Hanfschnüren etwa auf die halbe Länge der Muffe und durch Ausgiessen des übrigen Theils derselben mit Blei, welches nach dem Erkalten gleichfalls verstemmt wird. Die Länge der Bleidichtung vergl. S. 74 B. Das Gewicht der Bleidichtung ist ca. 10mal grösser als das des Theerstricks, s. auch unten S. 74.

Bei Leitungen mit geringem Druck wird statt Blei auch eine Dichtung mit Keilen von Forchenholz angewendet.

Flantschenröhren werden mit Kautschuk- oder Lederringen (zuweilen auch mit Oelpappe) und Schrauben verbunden, bezw. gedichtet.

Lufthähne werden an allen nach aufwärts gekehrten Biegungen der Röhrenstränge angebracht, um die in letzteren sich ansammelnde Luft entweichen zu lassen.

Thonrohrleitungen werden am zweckmässigsten aus glasirten Thonröhren hergestellt; Steingutröhren eignen sich wegen ihrer Brüchigkeit hierzu weniger. Die Röhren sind vor der Verwendung in's Wasser zu legen, theils um kalkhaltige Röhren ausschiessen zu können, theils um die Rohrmasse Wasser ansaugen und sich entsprechend ausdehnen zu lassen. Um Dehnungen im Rohrstrang unschädlich zu machen, sind in Entfernungen von ca. 25^{m} Compensationsvorrichtungen anzubringen, indem Kork- oder Kautschukringe eingelegt und die Zwischenräume zwischen Röhren und Muffen mit einer zähen, aber dehnbaren Masse ausgefüllt werden, oder man bringt Stücke von Asphaltröhren von gleichem Röhren-Kaliber ein. Die Dichtung der übrigen Röhren geschieht mit getheerten Hanfkordeln und Cementmörtel aus 1 Th. Portlandcement und 2 Th. feinsten Sandes. Ein treibender Cement darf hierbei nicht verwendet werden. Das Verlegen sollte womöglich bei niedriger, der mittleren Wärme des durchfliessenden Wassers entsprechender Temperatur stattfinden.

Die Reinigung von Wasserleitungsröhren geschieht theils auf chemischem, theils auf mechanischem Wege. Im ersteren Falle müssen die Inkrustationen zuvor untersucht werden, um die richtigen Lösungsmittel (Salzsäure bei kohlensaurem Kalk, verdünnte Schwefelsäure bei Eisenoxyd und Eisenoxydul etc.) zu finden; im zweiten werden zuweilen die Röhren aus dem Boden genommen, auseinandergelegt und durch Erhitzung und nachheriges Abklopfen und Auskratzen der durch die Hitze spröde und pulverig gewordenen Massen gereinigt. Die Kosten des Reinigens auf chemischem Wege sind sehr verschieden; bei der erwähnten zweiten Methode dürfen die Kosten des Herausnehmens, der Reinigung und Wiederverlegung durchschnittlich zu ca. 30% der Kosten einer neuen Leitung angenommen werden.

Am häufigsten wird das Streifen der Röhren da angewendet, wo die Niederschläge in den Röhren hauptsächlich organischer Natur sind und aus Schlamm bestehen, wie z. B. bei Fluss- und Seewasserversorgungsanlagen. Die Reinigung erfolgt hierbei mittelst Kratzen und Bürsten. Hierbei wird in der zu reinigenden Fahrstrecke von den sog. Spunt- oder Streifkästen aus eine Schnur mittelst durch Wasserdruck vorwärts geschobener Holz- oder Gummikugeln, welche 2^{cm} kleiner als die Rohrweiten sein müssen, durchgezogen, und mittelst dieser Schnur wieder die Streifkette oder das Streifseil, auf welchem sich der Kratzer bezw. die Bürste befindet. Damit diese Art der Reinigung

Digitized by Google

nicht durch Bildung starker Krusten erschwert wird, muss dieselbe öfters vorgenommen werden. Fehlen die Streifkästen, so müssen entsprechende Rohrstücke herausgehauen und erstere nachträglich hier eingesetzt werden. Zum Abwickeln der Schnüre werden in Bügeln gestellte Seilrollen auf den geöffneten Streifkästen aufgesetzt. Beim Ablassen der Kugeln ist grosse Vorsicht zu beobachten, die Länge der Schnüre ist genau zu messen etc., damit jede zu sehr verengte Stelle oder ein sonstiges Hinderniss leicht erkannt wird und die Kugel sammt der (durch den Stoss des Wassers sich oft um die Kugel aufrollende) Schnur nicht stecken bleibt. Beim Streifen werden die Kratzer unter Wasserzufluss hin- und hergezogen, wobei die Ketten oder Seile durch über den Streifkästen aufgestellte Bockwinden hin- und hergezogen werden. In Karlsruhe genügte durchschnittlich ein dreimaliges Hin- und Herziehen. Die Bürsten bestehen hier theils aus geraden Holzwalzen von 18—25^{cm} Länge, auf welchen in Schraubenlinien Borstenbüschel aufgesetzt sind, oder (zur Bewegung in Curven) aus mit Gummischeiben verbundenen Bürstenscheiben. Die Drahtseile erhalten ca. 13^{mm} Stärke. Nach Merz (s. Deutsche Bauzeitung 1883, S. 287) kostete das Streifen von 1^{m} Rohr von 90^{mm} Durchm. ca. 10 Pf., bei 120—150^{mm} Durchm. ca. 8 Pf., bei 180—240^{mm} Durchm. ca. 7 Pf., bei 300^{mm} Durchm. 13 Pf., bei 330^{mm} Durchm. 25 Pf., hierzu kommen noch Unterhaltungs- und Zurichtungskosten mit ca. 0,8 Pf. pro Meter, im Mittel der Meter auf 10,5 Pf., nach erfolgter Verbesserung der Bockwinden soll sich der Aufwand künftig um ca. 20% ermässigen.

Die mechanische Reinigung gusseiserner Wasserleitungsröhren kostet in Berlin bei 75—100^{mm} Rohrweite pro lfd. Meter Rohr einschliesslich aller Arbeiten, aber ausschliesslich der Pflasterarbeit 35 Pf. mit allen sonstigen Kosten (neue Rohrstücke, Dichtungen) 70 Pf. bis 1 Mk. pro Meter.

Der Clayson'sche Apparat zum Reinigen von Röhren mittelst durch den Wasserdruck selbstthätig vorwärts getriebenen Kratzern und Bürsten ist beschrieben im Gesundh.-Ing. von 1887, S. 170.

Besondere Vorsicht ist darauf zu verwenden, dass der Theerüberzug beim Streifen nicht verletzt wird, da die Bildung von Eisenrostknollen die unvermeidliche Folge hiervon wäre. Ueberhaupt muss ein gewaltsames Durchstreifen auch bei mit Kalkinkrustationen behafteten Röhren vermieden werden, da die hierbei entstehenden Unebenheiten zu rasch wachsenden Kalkknollenbildungen und damit zu einer nachtheiligen Verengerung der Lichtweiten Veranlassung geben würden.

Rückschläge in Rohrleitungen.

Rückschläge finden in Rohrleitungen beim raschen Abschluss bis auf eine Länge von 3,2 $\sqrt{h}$ Metern von der Abschlussstelle statt, wobei h den Druck des Wassers im Ruhestand in k pro qm bezeichnet.

Stösse sind bei Wasserleitungen thunlichst zu vermeiden; es muss daher namentlich bei der Füllung von Druckleitungen sehr langsam vorgegangen werden, damit die Luft entweichen kann und dass das Wasser, wenn es am Ende der Leitung zur Ruhe kommt, nicht in Folge zu rascher Füllung noch eine Stosswirkung ausübt. An den Scheitelpunkten der Leitungen muss für regelmässigen Luftaustritt durch Luftständer oder Entlüftungsventile Sorge getragen werden. Bei Schiebern und bei der Steuerung von Wassersäulenmaschinen ist der hier bei der Handhabung auftretende Wasserstoss durch Windkessel zu paralysiren, welche vor den Ventilen den Vorzug haben, dass kein Wasser und keine Arbeit verloren geht.

Hydranten. Streifkästen. Wassermesser. Wasserverlustanzeiger. Hausleitungen.

Die Druckhöhe des Wassers in den Hydranten soll ca. 40^{m}, mindestens aber 30^{m}, über der Strassenoberfläche gemessen, betragen. Der Verlust an Druckhöhe, den das Wasser beim Passiren von Hydrantenschläuchen von 60^{mm} Durchmesser (von Gummi mit Drahtspiralen) erleidet, beträgt ca. 0,1^{m} pro Längsmeter. Bei normalem Strahlrohr von 15—18^{mm} Weite soll der Strahl noch eine effective Höhe von ca. 20^{m} erreichen. Wo das Wasser den Leitungen unter hohem Druck zufliesst, und wo dasselbe zugleich als Motor für Kleingewerbe billige Verwendung finden kann, sollte eine Verringerung der Druckhöhe, etwa um an der Fleischstärke der Röhren etc. zu sparen, nicht eintreten, so lange die Druckhöhe nicht mehr als 50^{m} beträgt.

Digitized by Google

Um die verschiedenen Hahnen in den Hauswasserleitungen und sonstige Bestandtheile der letzteren nicht zu bald abzunützen, sind diese Leitungen durch entsprechende Wahl der Höhenlage der Hochreservoirs, durch Einschaltung von Druckregulatoren und dergleichen Maassregeln soweit thunlich nur unter den zu Feuerlöschzwecken erforderlichen Druck von etwa 4—5 Atmosphären zu stellen.

Da wo ein stärkerer Druck nicht zu umgehen ist, pflegt man bei der Anwendung galvanisirter schmiedeiserner Röhren sogen. doppelstarke Röhren von mindestens 4^{mm} Wandstärke zu verwenden.

Hydranten zu Feuerlöschzwecken und zum Strassenbesprengen sind in Entfernungen von ca. 40^{m}, höchstens von 50^{m}, anzulegen. Die Standröhren derselben erhalten gewöhnlich 65^{mm} und 80^{mm}, die Abzweigstutzen für die Hydranten ca. 80^{mm} Durchmesser.

Die Abzweigstutzen für öffentliche Brunnen und Hausleitungen erhalten Durchmesser nach Bedarf, für letzteren Zweck gewöhnlich 25^{mm} Durchmesser

Für die Spülschliessen und Entleerungen sollen Abzweigstutzen von 50^{mm} Lichtweite nach abwärts gelegt werden. Sämmtliche Stutzen müssen mindestens wagrecht, wenn thunlich aber mit Steigung gegen die Strassenoberfläche eingelegt werden; stehen die Stutzen vertical aufwärts, so ist dies die beste Anordnung für die Entlüftung des Röhrennetzes.

Streifkästen oder, wenn mit Luftschraube versehen, Spuntkästen werden zuweilen bei Zuleitungen, welche nicht angebohrt sind bezw. der Wasservertheilung nicht dienen, angebracht, hauptsächlich aber in solchen Rohrleitungen, welche nicht immer vollständig oder zeitweise mit stagnirendem Wasser gefüllt sind, je nach der Rohrweite in Entfernungen von $50—100^{m}$. Bei Röhren von weniger als 6^{cm} Lichtweite lässt sich das Streifen nur noch schwer bewerkstelligen und es werden daher die Streifkästen hier weggelassen oder nur und zwar in geringerer Zahl zur Revision benutzt.

Wassermesser dienen zur Controle des Wasserverbrauches und werden in Durchgangsweiten von 7^{mm} ab bis zu jeder gewünschten Dimension heute hergestellt. Je geringer das zu messende Quantum, um so kleiner muss der Wassermesser sein, weil derselbe sonst unrichtig anzeigt; es gibt Kolbenmesser und Turbinenmesser, von welchen aber die letzteren meist verbreitet sind. Sind die zu messenden Mengen bald gross, bald gering, so wird ein kleiner Wassermesser mit einem grossen combinirt. Die Instrumente werden geaicht und müssen bei passender Verwendung den Verbrauch bis zu 3% genau anzeigen; sie sind daher sehr solid zu versetzen und zu montiren. In nicht ganz frostfreien Lokalitäten sind sie mit einem schlechten Wärmeleiter und einem Holzmantel zu umhüllen.

Die gegenwärtig am meisten gebräuchlichen Wassermesser werden von Dreyer, Rosenkranz & Droop in Hannover, Julius Stoll in Düsseldorf u. a. m., sowie von Siemens & Halske in Berlin angefertigt. Friedr. Lux in Ludwigshafen a. Rh. fertigt guterprobte Hartgummimesser Pat. Schinzel-Lux.

Ein Wassermesser lässt durchschnittlich bei 35^{m} Druckhöhe und pro Stunde bei 7^{mm} Weite 16 cbm, bei 40^{mm} 20 cbm, bei 106^{mm} 68 cbm und bei 200^{mm} 275 cbm passiren. Die Fehlergrenze beträgt bei den besten Apparaten $4-2\%+$, jedoch nur beim Messen kleinerer Wassermengen als zuvor angegeben wurde.

Wassermesser werden gewöhnlich nur zur Controle des Wasserverbrauchs grösserer Consumenten angebracht.

Distriktswassermesser werden zum Zweck der Beschränkung der Wasservergeudung und der leichteren Entdeckung von Wasserverlusten in Folge Undichtheit der Leitungen angewendet, sie dienen gleichzeitig also auch zur Controle der Hauswassermesser. Früher wurde gewöhnlich der Distriktswassermesser von Deacon in Liverpool angewendet und hierzu ein Umleitungsrohr in einen Schacht angeordnet. Es müssen hiebei drei Schieber zum Abschluss der Haupt- und der Umleitung eingesetzt werden. Durchschnittlich wurde ein Distriktswassermesser für einen von 2000—3000 Menschen bewohnten Complex angenommen. Die Untersuchung der durch Lecke verursachten Verluste geschieht hiebei in den ruhigsten Nachtstunden, nachdem zuvor alle laufenden Brunnen u. dergl. abgestellt worden sind. (S. a. d. Aufsatz von Lindley im Journal für Gasbel. und Wasservers. von 1885.)

Von Meinecke wurden, s. d. Zeitschrift d. Vereins deutsch. Ing. von 1889, S. 273, neuerdings Wasserverlustanzeiger zu dem Zweck construirt, den in einer Wasserleitungsstrecke bezw. in einem Versorgungsbezirk während einer bestimmten Zeit stattfindenden Wasserverlust anzuzeigen. Da die Deacon'schen Distriktswassermesser sehr theuer und umständlich in der Bedienung sind, wurden von Meinecke elektrische Registrirvorrichtungen an den Wassermessern angebracht, wobei der Zeiger des Zählerwerks des Wassermessers durch Berührung mit Kontaktstiften des Zifferblatts der Vorrichtung Stromschluss erzeugt und mittelst Schreibstift auf einer durch Uhrwerk in Bewegung gesetzten Papierscheibe die während einer bestimmten Zeit durch den Wassermesser geflossene Wassermenge anzeigt. Dies geschieht also auch dann, wenn kein Wasser aus der Leitung entnommen wird, solches vielmehr durch einen Leck entweicht.

Diese Wasserverlustanzeiger erfordern keinen Schacht, sondern können an den Gebrauchsort getragen und hier sofort durch Schlauchverschraubungen mit der zu untersuchenden Leitung in Verbindung gesetzt werden. Man hört hiebei nicht nur sofort, ob eine Undichtigkeit in der Leitung vorhanden ist, sondern kann auch den wirklichen Wasserverbrauch messen. Es genügen 1—2 solcher Verlustanzeiger für einen Stadtbezirk. Es gibt auch kleinere Apparate für Hauswasserleitungen, in welche man sie beliebig einschalten kann. Durch jede Vor- oder Rückwärtsbewegung des Zeigers erkennt man, in welcher Richtung der Leck zu suchen ist.

Hausleitungen werden vom Hauptleitungsrohr in der Regel durch Einsetzung besonderer Façonstücke, seltener durch Anbohrung desselben behufs Einsetzung von „Saugern" oder Hähnen, welche in sogenannten Rohrbügeln mittelst Verschraubung ihre Führung finden und an welche die Hausleitungsröhren befestigt werden, abgezweigt, sie müssen continuirlich gegen das zu versorgende Grundstück ansteigen. Der Verschluss der Hausleitungen geschieht am zweckmässigsten mittelst Niederschraubhähnen. An dem tiefsten Punkte der im Winter gegen das Einfrieren wohl zu verwahrenden Leitungen ist ausserdem ein Ablasshahn anzubringen. Die Lichtweiten der Zuleitungsröhren betragen 25 seltener 50^{mm}, für Küchen und Waschbecken 13^{mm}, für Waterclosets 20^{mm}, für Zapfbrunnen 10^{mm} für Schlauchverschraubungen und Bäder 25^{mm}; die der Abflussröhren für Küchen und Bäder je 50^{mm} und die von Waschbecken 25^{mm}. Zu Hausleitungen werden in Norddeutschland gewöhnlich Bleiröhren verwendet, während in Süddeutschland fast allgemein verzinkte, schmiedeeiserne Röhren zur Anwendung kommen; in Frankfurt werden unter der Strasse gusseiserne Hauszuleitungsröhren von 5^{cm} Lichtweite angewendet. Die Bleiröhren haben den Vorzug der Billigkeit, da bei ihrer Verwendung keine Façonstücke erforderlich und sie leicht einzulegen sind.

Bleirohrleitungen.

Dieselben dürfen überall da unbedenklich angewendet werden, wo die Leitungen nicht unter einem sehr starken Druck (5 Atm. und darüber) stehen, welcher zu Ausbauchungen und Verziehungen Anlass geben könnte, ferner nach Knorre da, wo die Röhren nicht mit fettem Kalk (in Mauerwerk), mit durch organische Stoffe stark verunreinigtem Boden u. drgl. in Berührung kommen, indem sie durch Aetzkalk, Ammoniak u. drgl., jedoch nur bei Luftzutritt, corrodirt werden. Kleine Mengen Kohlensäure und Bicarbonate verhindern die Bildung von Bleioxyd, während Chloride und Nitrate im Wasser die Löslichkeit des Bleis erhöhen. Ganz besonders ist sauerstoffhaltiges Wasser geeignet, die Bildung von Bleioxyd herbeizuführen. Wo also diese ungünstigen Umstände nicht anzutreffen und wo die Leitungen stets mit Wasser gefüllt sind, sind nach den in Paris, Berlin und a. a. O. gemachten Erfahrungen Bleiröhren anwendbar, s. Ges.-Ing. von 1887, S. 162; selbstverständlich aber überall da, wo, wie z. B. bei Bade- und Wasch-Anstalten, Pissoirs und dergl., keine Gefahren bezüglich einer Bleivergiftung zu befürchten sind. Bleirohrleitungen bis zu 50^{mm} empfehlen sich besonders in Wohnungen und an solchen Orten, wo der Raum beschränkt ist, wo viele Winkel u. dergl. anzubringen wären und scharfe Biegungen vermieden werden sollen.

Bleiröhrenleitungen von mehr als 50^{mm} Weite sind nur ausnahmsweise zu empfehlen, überdies auch von 40^{mm} an aufwärts viel theurer als die Gussrohrleitungen.

Digitized by Google

Angaben für Kostenvoranschläge über Wasserleitungs-Anlagen.

Mittlerer Preis pro 100 kg Muffenröhren loco Werk:

Bei Lichtweiten von 40mm . . .	18 Mk. 20 Pf.
« « « 50mm . . .	
« « « 60mm . . .	
« « « 70—80mm . .	
« « « 100—150mm .	16 Mk. bis 16 Mk. 50 Pf.
« « « 200mm u. mehr	15 Mk. 50 Pf. bis 16 Mk.

Mittlerer Preis pro 100 kg Façonröhren mit Muffen loco Werk

von 40—100mm, unbearbeitet	26 Mk.
über 100mm	24 «

Bearbeitete Façonröhren kosten pro 100 kg 10 Mk. mehr.

Nach anderweitigen Mittheilungen werden in Süddeutschland die Preise der Röhren von 300mm Weite und mehr nach einem von den jeweiligen Handelsconjuncturen abhängigen Grundpreis bestimmt, die Preise für die schwächeren Kaliber aber durch Zuschläge bestimmt, welche pro 100 kg betragen bei Röhren von 250—290mm Weite 50 Pf., desgl. von 200—240mm 1 Mk., desgl. von 100—190mm 1 Mk. 50 Pf., desgl. von 70—95mm 2 Mk., desgl. bei 60mm 2 Mk. 50 Pf., bei 50mm 3 Mk., bei 30—40mm 3 Mk. 50 Pf. und bei 25mm 4 Mk.

Die Kosten des Bohrens der Löcher etc. richten sich nach den Dimensionen und den Vorschriften. Die betreffenden Arbeiten müssen extra bezahlt werden.

Streifkästen, Schachteinfassungen, Schlammkästen, Syphons u. dergl. werden wie Maschinenguss bezahlt, und kosten loco Werk:

Bei Stücken über	150 kg	. . .	pro 100 kg	ca. 24 Mark.
« « «	50—150 kg	. . .	« 100 kg	« 25 «
« « «	25—50 kg	. . .	« 100 kg	« 30 «
« « «	12—25 kg	. . .	« 100 kg	« 32 «
« « «	5—12 kg	. . .	« 100 kg	« 36 «

Schlammkästen mit metallenen Luft- und Ablasshahnen und je 2 durchgehenden Muffenstutzen:

Grösste Sorte ca. 125 Mark, mittlere Sorte ca. 50 Mark, kleinste Sorte ca. 25 Mark. Wenn mit 2 Flantschen, anstatt mit 2 Muffenstutzen, je 5—10 Mark höher, für je einen Abzweigstutzen je 5—8 Mark mehr.

Wassermesser kosten pro Stück ab Werk durchschnittlich bei 12mm Rohrweite 35 Mark, dto. für 20mm 40 Mark, für 25mm 56 Mark, für 30mm 72 Mark, für 40mm 85 Mark, für 50mm 110 Mark, für 65mm 150 Mark, für 70mm 180 Mark, für 80mm 210 Mark und für 100mm 300 Mark, für Fundation, Verpackung u. s. w. sind durchschnittlich 30 Mark, für Schmutzkasten 15 Mk. zuzuschlagen. Die Apparate von H. Meinecke jr. in Breslau kosten durchschnittlich bei 3/4 Zoll Weite 40 Mk., desgl. bei 5/4 Zoll 72 Mk., ferner diejenigen von Leopolder 40 Mk. bezw. 72 Mk. bei 3/4 bezw. 5/4 Zoll Weite. S. auch Fr. Lux-Ludwigshafen Rh.

Die 3/4zölligen Wassermesser von Spanner (Pat. Faller) kosten ca. 40 Mk., desgl. die 5/4zölligen ca. 72 Mk.

Luftschrauben für Steifkästen ca.	1 Mk. — Pf.
Lufthahnen, kleinste 2 Mk. 50 Pf., grösste	6 « — «

Hydranten mit Bajonnetverschluss	von 40mm Lichtweite	32 Mk.,	mit Gewindestutzen	34 Mk.	ab Werk
	« 50mm «	46 «		48 «	
	« 65mm «	60 «		62 «	
	« 80mm «	75 «		78 «	

Die Preise der Krümmer betragen hiebei 6 Mk. bezw. 7 Mk., 8 Mk. u. 10 Mk. Desgl. der Strassenkappen 10 Mk. bezw. 11 Mk., 13 Mk. und 15 Mk.

Ein Standrohr mit	Abschlussventilen von 50—65mm Weite kostet	120 Mk.	ab Werk.	
	« « 80mm « «	140 «		
	Verschlusskappen « 50—65mm « «	75 «		
	« « 80mm « «	100 «		

Standröhren mit einer Ausströmung von . . . . 33mm 40mm 50mm 65mm u. 80mm Rohrweite

35 Mk. 45 Mk. 60 Mk. 85 Mk.

Digitized by Google

Strahlröhren für Hydranten ohne Verschraubung .	14 Mk.	20 Mk.	25 Mk.	30 Mk.	30 Mk.
u. die Verschraubungshälfte	4 «	5 «	6 «	7 «	7 «
Schlauchverschraubung pro Stück	5 «	7 «	12 «	16 «	20 «

Strahlrohr mit Spritzblech und Hahn pro Stück von 20^{mm} Weite 10 Mk., desgl. von 25^{mm} 15 Mk., desgl. von 30^{mm} 20 Mk.

Schieber-Strassenkappen von 24 kg Gewicht kosten pro Stück 8 Mk. 25 Pf. desgl von 34 kg 9 Mk. 20 Pf.

Die zugehörigen Schutzröhren pro Meter von 20 kg Gewicht 4 Mk.

Schutzglocken von 8 kg Gewicht kosten 2 Mk., desgl. von 30 kg 7 Mk. 50 Pf. ab Werk.

Hydrantenstange pro Stück durchschnittlich . .	ca.	10	Mark —	Pf.
Stangenschlüssel pro Stück 1,7^{m} lg : · 12 Mk., pro kg	«	—	« 80	«
Blei zum Verdichten der Muffen pro k.	«	—	« 45	«
Einfache gusseiserne Schachtplatten von 52^{cm} Durchmesser	«	13	« —	«
Gerippte gusseiserne Schachtkästen, 2theilig, ca. 90 kg schwer, pro Stück	«	30	« —	«
Ohne Verschluss	«	22	« 50	«
Desgleichen 135 kg schwer à	«	27	« —	«
Desgleichen mit Verschluss und Dornschlüssel 10 Mark mehr.				
Desgleichen 3theilig, ca. 160 k schwer, pro Stück	«	35	« —	«
1 gemauerter Hydranten-Schacht	«	50—70	« —	«
und der 3theilige gusseiserne Schachtkasten hinzu	«	35	« —	«
1 einfacher gusseiserner Stock für laufende Brunnen	«	70	« —	«
Desgleichen mit Selbstverschluss	«	120—200	« —	«
und der Brunnenschacht hierzu incl. steinerner Schachtplatte	«	100—120	« —	«
1 Meter 8^{cm} weit gebohrter Forchenteichel . . .	«	1	« 50	«
1 Brunnenkachel für Holzteichel	«	—	« 70	«

Gusseiserne Einlaufklappenvorrichtung mit verzinntem Kupferseiher sammt Zugkette und Gewicht:

2″	2½″	3″	3½″	4″	engl. weit
45	48	51	55	60	Mark pro Stück.

Klappenventile*).

Lichtweite in mm	40	50	60	70	80	90	100	125	150	175	200	225	250	275	300
Baulänge in mm	180	200	220	240	260	280	300	350	400	450	500	550	600	650	700
Preis in Mk.	16	20	24	28	32	36	40	60	80	100	120	140	160	185	200

Selbstthätiges Luftventil*).

Baulänge in mm	240	250	260	270	280	290	300	325	350	375	400	425	450	475	500
Preis in Mk.	18	20	24	28	32	36	40	60	80	100	120	140	160	185	200

Anbohrschelle mit gusseisernem Bügel und seitlichem Anschluss loco Werk*).

Gewicht in kg	3,0	3,5	4,0	5	6,5	7,3	8	8,5	9	9,5	11	12	13,5	16	19
Preis in Mk.	2,5	2,6	2,7	2,9	3,4	3,8	3,9	4,1	4,3	4,5	5,0	5,2	5,5	6,1	6,8

*) S. auch den von Rud. Böcking & Cie. auf Halbergerhütte bei Saarbrücken herausgegebenen Taschenkatalog.

Digitized by Google

A. Mittlere Preise von gusseisernen Röhren etc. in Mark beim Bezug von mehreren Waggonladungen bis zu 150 km Entfernung.

(Bei Leitungen unter 200^{m} Länge ca. 20% Zuschlag.)

Lichte Weite in Millim.		40	50	60	70	80	90	100	125	150	175	200	225	250	275	300	350
Pro Meter Baulänge.	Gusspreise.	2,0	2,20	2,75	3,00	3,50	3,75	4,00	5,20	6,50	8,00	9,20	10,50	12,00	13,00	15,00	19,50
	Legen und Dichten*).	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00	1,05	1,10	1,20	1,40	1,60	1,80	1,90	2,00	2,50	3,00	4,00
	Preis fertig verlegt . .	2,60	2,90	3,55	3,90	4,50	4,80	5,10	6,40	7,90	9,60	11,00	12,40	14,00	15,50	18,00	23,50
Absperrschieber**)	a)	15	20	22	24	25	30	35	45	55	75	85	100	115	150	200	230
	b)	34	39	41	42	42	48	53	62	72	91	101	115	130	170	220	250
Einsetzen der Schieber in die Leitungen	c)	4	4,50	4,70	5,10	5,50	6,25	7,00	8,00	10,00	12,00	14,0	17,0	20,0	23,0	26,0	30,0
Streif- od. Spundkasten per Stück†) .	a)	5,40	6,65	9,0	10,0	11,9	13,3	14,7	17,9	20,9	23,4	28,4	32,0	37,2	42,3	48,6	56,0
	b)	7,80	9,50	11,70	15,20	18,4	18,7	23,9	26,5	31,6	36,3	41,2	44,8	48,7	56,2	61,4	62,0

*) Unter normalen Verhältnissen excl. Grabarbeit, aber mit Zugabe von Werg und Blei incl. Röhrenprobe und Transport vom Lagerplatz zur Verwendungsstelle und incl. Arbeitslohn, Reisekosten und Zulagen des Monteurs.

**) Die Preise verstehen sich in Mark — loco Werk a) für Schieber mit Handrad, b) für solche einschliesslich Einbaugarnitur.

†) Mit Luftschraube fertig montirt und verpackt a) mit flachem Deckel, b) mit rundem Querschnitt. Die Baulänge beträgt 500^{mm} bis 70^{mm} Lichtweite und 800^{mm} für 80^{mm} Lichtweite und darüber — loco Werk.

B. Die zum Dichten erforderlichen Bleiringe erhalten

bei 40—50^{mm} Weite 35^{mm} Tiefe
« 75—120^{mm} « 40^{mm} «
« 150—200^{mm} « 45^{mm} «
bei 220—450^{mm} Weite 50^{mm} Tiefe
« 500—600^{mm} « 55^{mm} «

Gummiringe zum Verdichten kosten pro kg 6 Mk. 50 Pfg.

C. Der Verbrauch an Blei bezw. an Theerstricken beträgt

		an Blei	an Theerstricken
bei	40^{mm} Weite	0,5 kg	0,05 kg
«	50 « «	0,7 «	0,07 «
«	75 « «	1,0 «	0,09 «
«	100 « «	1,3 «	0,14 «
«	150 « «	2,1 «	0,20 «
	200 « «	3,0 «	0,32 «
bei	250^{mm} Weite	4,3 kg	0,39 kg
«	300 « «	5,2 «	0,48 «
«	350 « «	5,6 «	0,55 «
«	400 « «	7,5 «	0,80 «
«	450 « «	8,4 «	0,90 «
«	500 « «	10,2 «	1,00 «

Theil-, Entlüftungs- und Schlammkasten.

Dieselben werden von der Halbergerhütte in 5 Grössen gefertigt: a) für Lichtweiten von 40—100mm, b) desgl. von 125—200mm, c) von 225—300mm, d) von 325—400mm, e) von 425—600mm.

No.	Theil- u. Entlüftungskasten.					Schlammkasten.					Jeder weitere Muffenabg.	Jeder weitere Flanschabg.
	Durchmesser.	Höhe.	Gew.	Preis. Mit 2 Muffen.	Mit 2 Flanschen.	Durchmesser.	Höhe.	Gew.	Preis. Mit 2 Muffen.	Mit 2 Flanschen.		
	mm	mm	kg	Mk.	Mk.	mm	mm	Kg.	Mk.	Mk.	Mk.	Mk.
a	250	300	97	29.50	30.50	250	400	106	31.50	32.50	2.75	3.15
b	300	400	144	41.00	43.50	300	500	155	43.50	46.00	5.50	5.65
c	400	500	290	79.50	83.00	400	600	308	83.00	87.00	7.90	9.35
d	500	600	497	131.50	137.00	500	700	518	136.00	141.50	12.50	14.85
e	600	700	679	180.00	188.00	600	800	707	186.00	194.50	22.50	21.85

Die Preise verstehen sich ohne Luftschraube.
Mit Luftschraube erhöht sich der Preis um Mk. 5.— } per Kasten.
Mit Lufthahn erhöht sich der Preis um Mk. 3.— }
Die angegebenen Gewichte verstehen sich für Kasten mit 2 Stutzen der grösstzulässigen Dimension.

Windkessel mit Absperrvorrichtung zum Absperren von Leitungsstrecken zu Druckproben:

a) für Rohre von 50— 90 mm Weite à 61 Mk., Gew. 116 kg
b) « « « 100—150 « « à 86 « « 164 «

Preise von schmiedeeisernen Röhren und Zubehörden in mittelgrossen Städten.

(Alles fertig verlegt und verdichtet, auf 12 Atmosphären Druck geprüft, Hahnen in die Leitung eingesetzt.)

Beträgt die Gesammtsumme der Arbeit weniger als 100 Mark, sind ca. 10% zuzuschlagen. An Orten, wo keine Installationsgeschäfte vorhanden sind, sind die Preise durchschnittlich um weitere 20% zu erhöhen.

Bei Verwendung von sogen. doppelstarken, d. h. mind. 4mm starken Röhren sind den Preisen der Röhren von 19mm an aufwärts 20% zuzuschlagen, desgl. bei den Bogen-, Tee- und Winkelstücken.

Lichte Weite in	engl. Zollen . . .	3/8	1/2	3/4	1	5/4	1 1/2	2	2 1/2
	Millimetern . . .	10	13	19	25	32	38	51	65
Gerade Röhren,	schwarz . .	6,80	1,00	1,25	1,60	2,00	2,50	3,40	—
	galvanisirt .	0,90	1,20	1,60	2,00	2,40	3,00	4,20	8,00
Teestücke, Winkelstücke, Bogenstücke	schwarz .	0,35	0,40	0,50	0,65	0,95	1,30	1,90	—
	galvanis.	0,50	0,60	0,80	1,00	1,35	1,90	2,80	7,50
Rednuctiosmuffen, Langgewinde, galvanisirt		0,30	0,35	0,40	0,45	0,55	0,70	0,95	3,50
Gerade Muffen, Nippel, galvan.		0,30	0,30	0,35	0,40	0,50	0,60	0,80	3,00
Flantschen mit Verpackung pro Paar		0,90	1,10	1,30	1,60	2,00	2,40	3,00	5,50
Stöpsel und Kapseln		0,20	0,25	0,35	0,40	0 50	0,60	0,80	3,00
Rohrschellen		0,30	0,40	0,45	0,50	0,6	0,75	1,00	2,00
Rohrhaken		0,08	0,15	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	—
Messingdeckscheiben zum Befestigen der Hahnen		1,30	1,50	2,00	2,70	—	—	—	—
Anschlusshahnen sammt Verpackung (Reiberhahnen) einerseits Muffe, andererseits Flantsche		—	—	8,00	11,50	15,00	16,50	22,00	—
Abstellniederschraubhahnen .		3,00	3,80	6,00	7,50	13,50	18,00	28,00	—
Auslaufniederschraubhahnen .		2,75	3,50	6,50	8,00	12,50	18,00	—	—
Entleerungshahnen		2,75	3,00	5,50	—	—	—	—	—
Schlauchhahnen		3,50	5,00	7,50	10,00	15,00	24,00	—	—

Digitized by Google

Starke schmiedeeiserne Rohrbügel für Anbohrungen bei

Lichtweiten von 2—3½″ engl. . .	6 Mk.	} incl. Anbohren und Befestigen der schmiedeeisernen Rohrleitung.
« « 4—6″ « . .	8 «	
« « 6½—8″ « . .	11 «	

Gartenschläuche von Gummi mit 2—3facher Leinwandeinlage

Wandstärke	5/8″ = 16mm 3,5mm	7/8″ = 22mm 5mm	10/8″ = 32mm 6mm weit
	1,50—3,20	3,40—7,50	5,80—12,60 Mk. pro Mtr.

Hanfschläuche von

½″	¾″	1″ Weite
1,10	1,20	1,40 Mk. pro Meter.

Feuernormalschläuche (auf 12 Atm. Druck geprüfte) von Hanf 1,50 Mk. pro Meter.

1 Paar Schlauchverschraubungen 7 Mk.

1 Strahlrohr mit Mundstück 9—13 Mk.

Feuerhahnen mit Hochdruckventil, Verschlusskapsel und Kette 25 Mk. (Württ. Normalgewinde).

Eine Anschlussleitung an Privathäuser, 3cm weit incl. der beiden Abschlusshahnen am Hauptrohr und innerhalb des Gebäudes, sowie incl. der Nebenkosten für die Wiederherstellung der Strasse, kostet ca. 150 Mark, excl. der erwähnten Nebenkosten ca. 130 Mark.

1 Streifapparat incl. 80m langem Drahtseil kostet ca. 120 Mark.

Kupferne verzinnte Halbkugelseiher für 2—8″ engl. weite Röhren kosten 5—15 Mark.

Bleirohrleitungen kosten bei Zuflussröhren incl. Verlegen etc.

bei 13	20	25	30	40	50mm Weite.
1,90	2,80	4,00	5,40	6,60	8,00 Mark pro Mtr.

Bei Abflussröhren incl. Verlegen und Dichten

von 40	50	60	75	100mm Weite.
3,50	3,80	4,50	6,00	8,50 Mark pro Mtr.

Kosten gewöhnlicher eiserner Pumpbrunnen.

Bis zu einer Tiefe von 7m sind schmiedeeiserne, galvanisirte Saugröhren von 38mm = 1½″ engl. Lichtweite und für die weiteren Tiefen gusseiserne, heiss getheerte und beiderseits abgedrehte Flantschen-Steigröhren 80mm weit oder galv. schmiedeeiserne Röhren von 2″ engl. Weite anzuwenden. Die Pumpenstiefel sind 85 resp. 100mm weit und mit einer starken Messingbüchse zu versehen.

Zum Schutze gegen das Einfrieren des Stocks soll jeder Brunnen einen Eishahnen erhalten.

Die Leistungsfähigkeit der Brunnen bewegt sich zwischen 25 und 40 Liter pro Minute.

Beispiel.

Brunnentiefe 7m. Länge des Pumpenstiefels sammt Abstand vom Boden 1m. Somit bleibt eine Rohrlänge von 6m.

6m Saugröhren à 4 Mk.	24 Mk.	— Pf.
1 Brunnenstock*)	100 «	— «
Transport und Aufstellungskosten bis auf 50 km Bahn-Entfernung nachweislich .	50 «	— «
Summa . .	174 Mk.	— Pf.
1 kleine Brunnenschaale	25 Mk.	— Pf.
1 Einsteigplatte (ca. 38 kg à 40 Pf.) . . .	15 «	— «
1m Steigröhre 80mm weit von Gusseisen .	11 «	— «
1m schmiedeeis. galv. Steigrohr 2″ engl. weit incl. Gestäng und Befestigungseisen .	7 «	50 «

*) Der Preis der Brunnenstöcke variirt ca. zwischen 100 und 200 Mk.; dieselben müssen mit innerem Aufsteigrohr versehen sein.

Digitized by Google

Kosten der Berliner Rohrbrunnen (aus Eisen)

s. Baugewerkszeitung von 1881, S. 466.

Tiefe in m.	1—10	10—20	20—30	30—40	40—50	50—60	60—70	70—80	80—90	90—100
	Kosten der Bohrung in Mark pro Meter.									
Lichtweite. 10cm	4,5	5,25	6,25	7,25	8,5	9,5	10,5	12,0	13,5	15,0
15cm	6,0	7,5	9,0	10,5	12,0	13,5	15,0	17,0	19,0	21,0
20cm	8,0	10,0	12,0	14,0	16,5	19,0	22,0	—	—	—
25cm	12,0	14,5	17,0	20,0	—	—	—	—	—	—

Die Kosten der Bohrung der 10cm weiten Brunnen wachsen bei Tiefen von über 100m für je 10m Mehr-Länge um je 2 Mark pro Meter. Hierbei sind normale Bodenverhältnisse vorausgesetzt. Bei grösseren Tiefen werden mehrere Bohrsätze teleskopartig in einander gesteckt.

Ein Meter eisernes Brunnenrohr wieder herauszuziehen wird ohne Rücksicht auf die Tiefe für Bohrröhren von

ca. 10cm	15cm	20cm	25cm Weite mit
1,0 Mk.	1,2 Mk.	1,5 Mk.	2,0 Mk. bezahlt.

Ein Sauger aus Messinggaze anzuliefern und einzubringen kostet pro kg des Gesammtgewichts des Saugers 3,7 Mk., Zulage pro qm einfache Gaze 30 Mk., bezw. 50 Mk. und 70 Mk. bei doppelter und dreifacher Gaze.

Ein kupfernes Saugrohr fertig montirt und verbunden pro kg = 2,9 Mk.

Ein vollständiges Pumpwerk nebst allem Zubehör incl. Brunnenpfosten, Herstellung der Brunnengrube etc., jedoch excl. Rohrleitung und Bohrung kostet bei Flachbrunnen (bei welchen der niedrigste Grundwasserstand nicht unter 10m Tiefe unter der Erdoberfläche sinkt) mit Anschlussvorrichtung für die Feuerspritzenschläuche = 1000 Mk., ohne letztere Vorrichtung = 900 Mk. Bei Tiefbrunnen kommen noch hinzu die Kosten für die Mantelrohre, für Steigrohr und Gestänge. Ein Flachbrunnen von 70m Tiefe der Saugerunterkante mit Feuerspritzenanschlussvorrichtung kommt im Ganzen durchschnittlich auf 2700 Mk., ein ebenso tiefer Tiefbrunnen im Ganzen auf 3300 Mk. zu stehen.

Bei den Flachbrunnen sind Sauger und Saugerohr für Spritzen und Pumpe gemeinsam, bei den Tiefbrunnen nicht. Bei 70—110m Tiefe tritt in der Regel reines Wasser auf. Die Sauger für die Feuerspritzen erhalten 2—3 qm Oberfläche.

Kosten der Widderanlage in Bronnhaupten (s. S. 60). Die Preise verstehen sich fertig verlegt an der sehr entlegenen Baustelle.

50mm weite Flantschenröhren pro Meter	6	Mk.	—	Pf.
50mm « Muffenröhren pro Meter	2	«	20	«
Façonstücke mit gebohrten und gedrehten Flantschen pro 100 kg	40	«	—	«
Desgl. für Muffenröhren pro 100 kg	30	«	—	«
Kautschukverpackungen hierzu pro Stück	—	«	50	«
Mutterschrauben hierzu pro Stück	—	«	25	«
Absperrschieber mit Handrad für 50mm weite Röhren mit beiderseitigen Flantschen, Messinggarnitur pro Stück	32	«	—	«
Kleinerer Schieber in die Verbindungsleitung aus Rothmetall	12	«	50	«
Schmiedeiserne abgedrehte Gegenflantsche mit Rohrgewind und Ansatzstück für die Verbindung von Schieber und Widder	5	«	—	«
Widder No. 5 der Höchster Wasserwerks-Gesellschaft mit 2 starken Stossventilen, Spindeln aus Bronce, Entleerungshahn etc.	160	«	—	«
1 Sammelwindkessel mit Entleerungshahn	70	«	—	«
1 Verbindungsrohr zwischen Windkessel und Widder . .	10	«	—	

Digitized by Google

Kosten der Widderanlage in Ravensburg (s. S. 62).

1 einfacher Widder No. 3	der Höchster Wasser-	. .	42 Mk.	— Pf.
1 « « No. 4	werks-Gesellschaft,	. .	50 «	— «
1 Sammelwindkessel No. 5	fertig verlegt	. .	46 «	— «
1 Abschlussschieber mit Handrad für 32mm weite Röhren			15 «	50 «
1 « « « « 25mm « «			13 «	50 «
Treibleitung aus gusseisernen Muffenröhren von 32mm Weite pro Meter			2 «	— «
Treibleitung aus gusseisernen Muffenröhren von 25mm Weite pro Meter			1 «	50 «
Galvanisirte 20mm weite Steigeröhren			1 «	20 «
1 Paar Flantschen			1 «	50 «
(2) Reservestossventile pro Stück			14 «	25 «
Reserveklappen pro Stück			— «	60 «
Kupferfedern pro Stück			— «	50 «
(2) Jenkingsschieber für 12mm Weite zwischen den beiden Widdern pro Stück			6 «	— «
Desgl. in der Steigleitung für 19mm Lichtweite			9 «	— «
(3) Abstellhahnen an den Windkesseln pro Stück			3 «	— «
(2) gewöhnliche Schieber im Reservoir für 20mm Röhren mit Handrad pro Stück			15 «	50 «
1 Streifkasten, am tiefsten Punkt mit Ablasshahn			15 «	— «
100 kg Façonröhren			40 «	— «
Abzweigstutzen mit 2 Ansätzen von 30mm Weite pro Stück			5—6 «	— «
1 Regulirschieber am Ventilbrunnen (30mm)			15 «	50 «
1 Ventilbrunnen mit Umgangsleitung			160 «	— «
Schieberschlüssel mit Führung im Reservoir pro Stück			3 «	50 «
Brunnenstöcke für die laufenden Brunnen			50—90 Mk.	

Die Kosten von

electrischen Wasserstandsanzeigern

betragen bei den Fein'schen Apparaten 1) für das Contaktwerk mit Gegengewicht und Schwimmer 195 Mk., 2) für das Zeigerwerk mit Zifferblatt excl. Allarmvorrichtung 220 Mk., für das letztere mit Läutwerk 75 Mk., zusammen also 490 Mk.

Bei den Siemens'schen Wasserstandszeigern kostet der Inductor 360 Mk., die Ausgleichkette 46 Mk., der kupferne Schwimmer 120 Mk., der Zeigerapparat 190 Mk., die Contaktvorrichtung hierzu mit Weckersignal für Maximal- und Minimal-Wasserstand 60 Mk., ein Wecker 30 Mk., zusammen rund 800 Mk.; ein telegraphischer Wasserstandsregistrator nach dem System Hasler in Bern ca. 890 Mk.; die Telegraphenleitung bei Verwendung von 3mm starkem Eisendraht pro km ca. 160 Mk., jeder weitere Draht pro km 60 Mk., 100 kg 3mm starker verzinkter Eisendraht ca. 56 Mk., 2,1—2,7mm dicke Guttaperchadrähte pro 100m ca. 8—9 Mk.

Abzugskanäle in Städten.

Der Dimensionirung der Strassenkanäle sind die für jeden einzelnen Ort aus Niederschlagsbeobachtungen besonders ermittelten grössten, aber öfters eintretenden Regenhöhen, nicht aber die möglicherweise in mehr als 50jährigen Zwischenräumen etwa vorkommenden abnormen Niederschläge zu Grunde zu legen, ferner eine Zuflussmenge von 0,000002 cbm pro Secunde und pro Kopf der Bevölkerung. Auf einen Einwohner entfallen durchschnittlich 25 qm Grundfläche. Für die Kanalisation in Hannover wurde pro Kopf und Tag die Abflussmenge zu 83 l, wovon die Hälfte innerhalb 9 Stunden abzuleiten ist, angenommen. In München können die Kanäle 3,47 l pro ha und Secunde, mit Hilfe der Nothauslässe aber 15,68 l abführen. An Hauswasser gehen hier 0,31 l pro ha und Secunde ab.

Die in die Kanäle gelangende Regenmenge ist je nach der Beschaffenheit des überbauten Terrains sehr verschieden. In Stadttheilen, in welchen das Wasser ausschliesslich von Dächern, Strassen und gepflasterten Hofräumen abfliesst, werden ca. 60% des gesammten Niederschlags abgeführt, von horizontalgelegenen Gärten, Baumgütern u. dergl. ohne Grabenanlagen aber mit ziemlich undurchlässigem Untergrund nur ca. 35%. Wenn der Boden sehr durchlässig und trocken ist, so werden Niederschläge von 20mm und weniger Höhe vollständig aufgesaugt.

Digitized by Google

Die secundlich abfliessende Maximal-Wassermenge wächst mit dem Terraingefäll, in steilem Gelände mit dem letzteren auch die Masse des abgeflössten Bodens bezw. Gerölles. Es ist daher hier vor dem Einlauf der mit Schlamm beschwerten Gewässer in die Kanäle auf die Anlage genügend grosser Schlammfänge Bedacht zu nehmen. Die Sammelkanäle, nach welchen das Wasser von grösseren mehr oder weniger überbauten Flächen zufliesst, erhalten gewöhnlich Querschnitte, welche einer zufliessenden Regenmenge von ca. 0,02—0,028 cbm pro Secunde und ha entsprechen. Da, wo Regenauslässe (mit ca. 3—4^{m} breiten Ueberfällen) angebracht werden können, die das Wasser nach tiefer gelegenen Wasserläufen abführen, werden die Querschnitte entsprechend verringert.

Bei der Berliner Kanalisation wurde die Annahme gemacht, dass von den Hauptkanälen eine Wassermenge von 22,34 l pro ha und Secunde abzuführen sei, wovon 1,15 l auf das Haus- etc. Wasser und 21,19 auf das Regenwasser entfallen. Hierbei ist angenommen, dass gleichzeitig nur 1/3 des zu 25^{mm} pro Stunde berechneten Niederschlags abzuführen sei. Diese Annahme hat sich bei sehr starken Wolkenbrüchen als zu nieder gegriffen erwiesen. Von obiger Wassermenge sollen nur 3 l pro Secunde den Rieselfeldern durch Pumpen zugeführt werden, der Rest wird den öffentlichen Wasserläufen mittelst der Regenauslässe überwiesen.

Der Minimaldurchmesser von Strassendrains ist zu 0,21^{m} = 8″ englisch anzunehmen. Zweckmässig ist es, diesen Kanälen mindestens 45^{cm} Weite zu geben, so dass solche noch schlupfbar sind.

Bis zu 46^{cm} Durchmesser werden in der Regel glasirte Steingut- oder Thonröhren (mit ganzen oder Halbmuffen) oder auch Cementröhren verwendet.

Die kreisförmigen Querschnitte der kleinen Thonröhrenkanäle in Berlin haben 21^{cm}, 24^{cm}, 27—48^{cm} Durchmesser. Grössere Thon- bezw. Steingutröhren wurden hier bis zu 0,63^{cm} Durchmesser, jedoch nur ganz ausnahmsweise angewendet, da sie einem grösseren Erddruck und den durch den Verkehr hervorgerufenen Stössen nicht widerstehen. Wenn hier ein 48^{cm}-Rohr nicht mehr ausreichte, wurden eiförmige Profile von 0,9—1,0^{m} Höhe angewendet.

Die Minimaldimensionen der lichten Weite und Höhe von schlupfbaren Kanälen sind zu 0,55^{m} bezw. 0,75^{m} und von solchen, in welchen auch Arbeiten sollen vorgenommen werden können, zu 0,82^{m} bezw. 1,25^{m} anzunehmen.

In der Regel soll jeder Hauskanal mindestens 150^{mm} Lichtweite erhalten, die Weite des letzteren kann bis auf 300^{mm} steigen, nöthigenfalls sind mehrere Verbindungskanäle zwischen Haus- und Strassenkanal herzustellen.

Closetstränge, welche gespült werden, erhalten mindestens 15^{cm}, andernfalls mindestens 20^{cm} Lichtweite. Zu enge Hauskanäle sind zu vermeiden, da in ihnen leichter ein hoher Gasdruck auftritt als bei weiten Rohrleitungen.

Alkalische oder saure, wenn auch sehr verdünnte Flüssigkeiten dürfen nur dann in städtische Kanäle eingeleitet werden, wenn zuvor die Widerstandsfähigkeit der hierzu verwendeten Materialien gegen die Wirksamkeit der gedachten Stoffe constatirt ist. Cement- und Betonröhren, sowie der Cementmörtel der Backsteinkanäle etc. sind gegen Säuren nicht widerstandsfähig. Sehr gut halten sich glasirte Thonröhren, sowie manche Ziegelsteinsorten. Cementröhren können durch Goudronanstrich, welcher heiss aufzubringen ist, gegen die Wirkungen der gedachten chemischen Stoffe geschützt werden.

Die Dichtung der Thonröhren mit Muffen erfolgt am besten dadurch, dass ein Wergzopf, der mit Theer getränkt ist, in die Muffen leicht eingestemmt und darüber blauer, fetter Thon aufgebracht wird. Häufig wird die Muffe noch mit einem Lettenschlag umgeben, bezw. in solchen eingebettet. Eine Dichtung mit Cementmörtel ist nicht zu empfehlen, da letzterer leicht zu Muffensprüngen Veranlassung gibt.

Hauskanäle sind überall da, wo sie im Innern der Häuser frei über die Erde zu liegen kommen, von gusseisernen Röhren herzustellen.

Der Haupthauskanal ist bis in den Hofraum zu verlängern, woselbst das Meteor- und Brauchwasser in einem bedeckten Schlammkasten aufgefangen und sodann nach Passirung eines Syphon dem Strassenkanal zugeleitet wird. Die in ersteren Kanal einmündenden Seitenkanäle von geringerer Weite als der Haupthauskanal müssen in letzteren mittelst eines Façonrohrs im Gefäll unter einem spitzen Winkel einmünden.

Digitized by Google

Wo, wie bei Kellerentwässerungen, die Kanäle verhältnissmässig tief anzulegen sind und eine Verbindung der letzteren mit den übrigen Hauskanälen dadurch erschwert wird, empfiehlt sich gewöhnlich die directe Einleitung der Kellerkanäle in den Strassenkanal.

Seitenleitungen, welche das Wasser von Brunnen- und Regenröhren und Küchen aufzunehmen haben, erhalten von 8—15^{cm} Weite.

Die Abfallröhren, welche in obige Röhren eingeleitet werden, können unter der Erde aus Thonröhren, über derselben aus gusseisernen oder bleiernen Röhren, die Regenröhren aus Zinkblech bestehen. Am Anschluss beider wird gleichfalls ein Façonstück nebst einem Syphonverschluss angebracht. Ein einzelnes Abfallrohr soll in der Regel nicht mehr als 10^{cm} Durchmesser haben. Einlassbecken müssen einen engmaschigen Gitterverschluss erhalten.

Das Minimalgefäll von Hausdrains darf nicht geringer sein als 21,5%, das von schlupfbaren Kanälen soll nicht unter 0,5%, das von begehbaren Kanälen nicht unter 0,25% sinken. Unter gewöhnlichen Verhältnissen empfehlen sich hierführ Gefälle von 2% bezw. von 1%, in Nebenstrassenkanälen und in Hauptkanälen mit reichlicher und stetiger Wasserspeisung 0,5—0,33%. Wo letzteres Gefäll nicht erreicht werden kann, ist Spülung zweckmässig, bei den (geringer dimensionirten) Röhrenkanälen dagegen solche durchaus erforderlich. Hierbei ist für möglichst gleichmässige Vertheilung des Gefälls Sorge zu tragen. Ausnahmsweise kann für Hauskanäle noch ein Gefäll von 0,5% zugelassen werden, wobei jedoch eine Spülung nicht entbehrt werden kann. Anderseits sind Kanalisationsröhrenleitungen mit grösserem als 2% Gefäll da, wo nicht reichliche Spülung vorhanden ist, der Gefahr des Trockenlaufens und dadurch der Versandung ausgesetzt.

In München wurde das geringste Gefäll der eiförmigen Kanäle = 1 : 1500, das der Thonrohrkanäle zu 1 : 600, endlich das Maximalgefäll der letzteren zu 10% angenommen.

Bei sehr grossen Abzugskanälen (Sielen), welche constant mit Wasser gefüllt sind, ist ein zweckmässiges Gefäll 1 : 1000. (Bei wenig Wasser und 1% Fall bilden sich in grösseren Kanälen schon leicht Niederschläge.) Das Minimalgefäll solcher Kanäle beträgt 1 : 3000. Geht ein Kanal von einem flacheren in ein steileres Gefäll über, oder umgekehrt, so ist an der Uebergangsstelle ein Luftrohr anzubringen, im zweiten Fall ein Schlammfang mit Reinigungschacht. In Kanälen, in welchen zeitweise wenig Wasser fliesst, sind starke Gefälle unvortheilhaft, weil durch das Vorauseilen des Wassers die in letzterem enthaltenen Sinkstoffe sich leicht ablagern. Gefäll und Richtung der Kanäle sollen namentlich zwischen 2 Einsteigschächten möglichst geradlinig sein, Curven sind in schlanken Uebergängen oder durch Façonröhren herzustellen.

Die Strassenkanäle werden gewöhnlich in die Mitte der Strassen verlegt; wo jedoch letztere eine grössere Breite haben, wird neben dem Bürgersteig je ein Kanal hergestellt, wodurch der Verkehr während der Ausführung und bei Ausbesserungen weniger gestört wird und die Hausleitungen eine erheblich geringere Länge erhalten.

Bei der Anlage von Hauskanälen ist darauf Bedacht zu nehmen, dass die Hauptleitung sowohl hinsichtlich des Visirs als der horizontalen Lage in möglichst gerader Richtung geführt wird und starke Krümmungen und Visirbrüche thunlichst vermieden werden. Der Hauptstrang sollte nicht quer durch das Gebäude, sondern in die jeweilige Einfahrt gelegt werden.

Bei der Einmündung eines grösseren Seitenkanals in einen Hauptkanal ist dagegen eine auf eine längere Strecke sich ausdehnende Erbreiterung der Sohle an der Einmündungsstelle thunlichst zu vermeiden, indem sich hier leicht grössere Schlammablagerungen bilden. Es empfiehlt sich daher, den Seitenkanal mittelst eines kurzen, etwa unter 45% einmündenden Bogens anzuschliessen.

In Cementmörtel gemauerte eiförmige Kanäle kommen bei grösseren Lichtweiten als von 46^{cm} vor, wobei zu beachten ist, dass das Wasser in der Regel nicht über den Kämpfer des oberen Halbkreisgewölbes reichen soll. Solche Kanäle erhalten gewöhnlich Sohlstücke aus glasirtem Steingut (mit Lippen); namentlich bei starken Gefällen ist letzteres Material zu verwenden. Ueber die Construction der Eiform siehe nebenstehende Figur.

In Hamburg haben gemauerte Hausdrains sowie Abfallschächte eine Stärke von 1½ Stein erhalten. Die Kanäle daselbst erhielten nachstehende Dimensionen:

Klasse	I	II	III	IV	V	VI
Dimensionen in Metern	$^{1,72}/_{1,433}$	$^{1,58}/_{1,36}$	$^{1,5}/_{1,075}$	$^{1,43}/_{0,86}$	$^{1,29}/_{0,80}$	$^{0,76}/_{0,57}$

Bei Klasse I—III war das Gewölbe unten $1^1/_2$, oben 1 Stein, bei IV—V 1 Stein, bei VI oben $^1/_2$, unten 1 Stein stark. Die Gewölbe wurden in Ringen gemauert.

Die Kämpferstärke von eiförmigen Kanalgewölben aus Beton und dergl. kann bei $3{,}7^m$ Durchmesser (D) zu $0{,}65^m$, von $3{,}0^m - 2{,}5^m$ D zu $0{,}5^m$, bei $2{,}4^m - 2{,}1^m$ zu $0{,}4^m$, bei $2{,}0^m - 1{,}5^m$ zu $0{,}30^m$, bei $1{,}4^m - 1{,}0^m$ zu $0{,}2^m$, die Stärke von kreisförmigen Cementgewölben bei 2^m D zu 22^{cm}, bei $1{,}7^m$ D zu 20^{cm}, bei $1{,}0^m$ D zu 15^{cm} und bei $0{,}8^m$ D zu 12^{cm} angenommen werden.

In München wurden kreisrunde Kanäle von $1{,}2^m$, $1{,}0^m$, $0{,}8^m$ und $0{,}7^m$ und gemauerte Auslasssiele von $2{,}2^m$ Durchmesser je mit nur 12^{cm} Wandstärke aus Klinkern und einer Klinkersohle hergestellt, ausserdem aber noch mit einem Betonunterbau und einer Betonumhüllung versehen.

Die eiförmigen Kanäle erhielten zum Theil gedrückte Profile von $^{210}/_{225}$, $^{175}/_{210}$ und $^{150}/_{200}$ cm Höhe und Weite und 25—38cm Wandstärke, ferner ebenfalls einen Betonunterbau oder Klinkersohlen.

Die eiförmigen Hauptkanäle erhielten glacirte Sohlsteine und $^{120}/_{180}$, $^{100}/_{150}$, $^{90}/_{135}$ und $^{80}/_{120}$ cm, die Nebenkanäle $^{70}/_{105}$ und $^{60}/_{90}$ cm Weite und Höhe.

Die 30, 38 und 45^{cm} weiten Thonrohrkanäle erhielten sämmtlich eine 10^{cm} starke Betonummantelung.

Der Mörtel für die Klinkersohlen besteht aus 1 Theil Portlandcement und 4 Theilen Sand, der Beton wurde aus 1 T. Cement, 2 T. Sand und 4 T. Kies hergestellt.

Bei sehr breiten Strassen wird häufig auf jeder Seite derselben ausserhalb der Fahrbahn ein Sammeldrain eingelegt, um die kostspieligen Zweigleitungen nach den Häusern abzukürzen, auch wird der Strassenverkehr hierdurch weniger unterbrochen, als wenn der Sammeldrain in der Mitte der Fahrbahn liegen würde.

Die Berechnung der Dimensionen eiförmiger oder kreisrunder Kanäle sollte ma stets so ausführen, dass beim Volllaufen de Kanalprofiles die Maximal-Wassermenge a geführt werden kann. Da thatsächlich ein volllaufendes Kanalprofil weniger Wasser transportirt, als wenn das Profil noch ein kleines wasserfreies Segment hat, so ist damit dem Wellenschlage noch ein kleiner Spielraum gegeben (s. auch das Capitel Hydraulik).

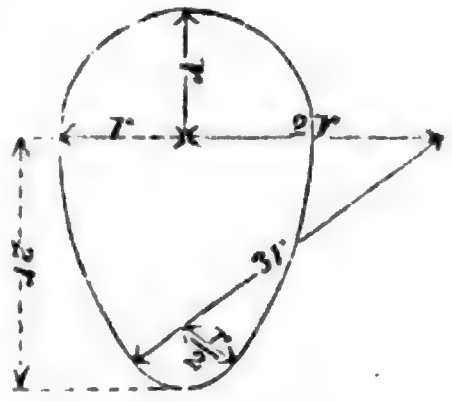


Fig. 9.

Für das volllaufende eiförmige Profil nach Figur 9 ist:

der Wasserquerschnitt $F = 4{,}59413 \cdot r^2$
der benetzte Umfang $p = 7{,}92989 \cdot r$
der Profilradius $R = 0{,}5793 \cdot r$

$$Q = 3{,}496 \cdot K \cdot \sqrt{r^5 \cdot J}$$
$$v = 0{,}761 \cdot K \cdot \sqrt{r \cdot J}$$

Ist dieses Profil nur bis zur Kämpferhöhe mit Wasser angefüllt, so wird:

der Wasserquerschnitt $F = 3{,}02333 \cdot r^2$
der benetzte Umfang $p = 4{,}78830 \cdot r$
der Profilradius $R = \frac{F}{p} = 0{,}6314 \cdot r$

Das Gefälle $J = \frac{h}{l}$

$$Q = 2{,}400 \cdot K \cdot \sqrt{r^5 \cdot J}$$
$$v = 0{,}795 \cdot K \cdot \sqrt{r \cdot J}$$

Für eine Füllung, welche die Kämpferhöhe nicht erreicht, sondern in einem Abstande y unter derselben sich befindet, wird:

$$F_y = r^2 \cdot \left[3{,}02333 - 9 \cdot \text{arc}\left(\sin = \frac{y}{3r}\right)\right] + r \cdot y \cdot \left[4 - 3 \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{y}{3r}\right)^2}\right]$$

$$p_y = r \cdot \left[4{,}78830 - 6 \cdot \text{arc}\left(\sin = \frac{y}{3r}\right)\right]$$

Digitized by Google

Für das volllaufende kreisförmige Profil ist: $v = 0{,}707 \cdot K \cdot \sqrt{r \cdot J}$

$F = 3{,}14159 \cdot r^2$, $p = 6{,}28318 \cdot r$, $R = 0{,}5 \cdot r$, $Q = 2{,}221 \cdot K \cdot \sqrt{r^5 \cdot J}$

Für K ist der Werth aus der vereinfachten Kutter'schen Formel zu nehmen.

Nach Wilcke, s. Landkulturztg. 1886, S. 197, fliesst durch ein volles kreisförmiges Profil die gleiche Wassermenge wie bei einem minder benetzten Umfang, dessen zugehöriger Winkel 308° 10′ beträgt.

Hieraus wird die Formel $v = 0{,}535\, c \cdot \sqrt{d}\ \sqrt{J}$ abgeleitet, worin für c der Eytelwein'sche Coëfficient 50,9 zu Grunde gelegt wird und d den Röhrendurchmesser = 2r bezeichnet.

Es wird ferner $Q = 2{,}333\ r^2 \cdot c \sqrt{r \cdot J}$.

Statt des Coëfficienten c ist bei genaueren Rechnungen $c_1 = 0{,}01439 + \frac{0{,}0094711}{\sqrt{v}}$ zu setzen, nachdem zuvor v aus obiger Formel näherungsweise berechnet worden ist. Es bestimmt sich ferner die Grösse von $d = 1{,}033 \sqrt{\frac{Q}{v}}$.

Durch Wiederholung dieser Rechnung erhält man noch genauere für die vorliegenden Zwecke genügende Resultate.

In Berlin wurde zur Berechnung der Dimensionen noch die bekannte Eytelwein'sche Formel angewendet, welche grössere Dimensionen als die von Kutter und von Bazin gibt.

Ueber die Bewegung des Wassers in Rohrleitungen s. auch Hydraulik.

Für gemauerte voll und nicht volllaufende Abzugskanäle hat Knauff folgende Formel entwickelt:

$$v = \frac{103{,}7 \cdot R \sqrt{J}}{\sqrt{R} + 0{,}3}$$

und für eiserne Druckrohrleitungen nach Rieselfeldern:

$$\text{für } d < 0{,}5 \quad v = \frac{55 \cdot d \sqrt{J}}{\sqrt{d} + 0{,}54} \qquad \text{und} \qquad d > 0{,}5 \quad v = \frac{51{,}5 \times d \sqrt{J}}{\sqrt{d} + 0{,}586}$$

s. Culturing.-Ztg. 1886, S. 192.

Mank in Dresden legt die Bazin'sche Formel zu Grunde (siehe Hydraulik). Derselbe nimmt bei den Berechnungen der abfliessenden Regenmengen geschlossene Häuserreihen mit gepflasterten Hofräumen als wasserdicht an und bestimmt für andere Quartiere schätzungsweise die gleicher Weise zu behandelnde Fläche. Nach in Dresden gemachten Beobachtungen über die Regenhöhe und Abflussmengen, sowie über die Abflusscoëfficienten bei verschieden grossen geschlossenen Quartieren ist von dem Genannten folgende Tabelle ausgemittelt worden:

Entwässerungsfläche F in qm	Abzuführende Regenhöhe in mm.	Abzuführende Wassermenge in cbm pro Secunde.
0—25000	58,0	0,000016 F
25—50000	48,3	0,000013 «
50—100000	41,6	0,000012 «
100—200000	31,9	0,0000081 «
200—300000	25,2	0,0000070 «
300—400000	20,5	0,0000057 «
400—500000	17,5	0,0000049 «
500—600000	15,8	0,0000043 «
600—700000	14,7	0,0000041 «
700—800000	14,2	0,0000039 «
800000 und darüber	14,0	0,0000039 «

Digitized by Google

Ventilationsschächte sind in Entfernungen von 50—60^{m} anzulegen. Die Absorption, bezw. Zerstörung der ausströmenden schlechten Gase kann durch Kohlenfilter oder durch Zuleitung der Gase in vorhandene Feueressen bewirkt werden.

In München wurden neben den mit ventilirenden Mannlochdeckkästen versehenen Einsteigschächten alle 60^{m} besondere aus 23^{cm} weiten Thonröhren bestehende Ventilationsschächte ausgeführt. Ausserdem wurden hier die Dachrinnen zur Ventilation herangezogen.

Die Mannlöcher erhalten hier wie auch bei den Revisionsschächten gewöhnlich 84^{cm} Durchmesser.

Am meisten empfiehlt sich die **Ventilation durch besondere Luftröhren** (verzinkte Eisenblechröhren) von mindestens 4^{cm} Lichtweite, welche bis über Dach geführt werden, da die manchmal hierzu verwendeten Abfallröhren durch Undichtheit oder bei Regenwetter den Dienst versagen und dadurch ein Aufsteigen der Kanalgase, namentlich bei starkem Winddrucke, heftigen Niederschlägen, bei Temperaturwechseln etc. ermöglichen. In letzteren Fällen werden nämlich die Wasserverschlüsse durchbrochen, zuweilen auch heberartig entleert, manche verdunsten auch. In der Regel sollen sämmtliche Abfallröhren in voller Weite über das Dach hinaus verlängert werden. Es empfiehlt sich ferner, an jedes Ventilationsrohr ein Zuleitungsrohr für frische Luft anzuschliessen und zwischen Strassen- und Hauskanal einen sog. unterbrechenden, d. h. aus 2 Syphons bestehenden Wasserverschluss anzubringen und zwischen beiden Syphons ein nach aussen führendes Entlüftungsrohr einzuschalten.

In **Berlin** geschieht die Ventilation durch die direkt in die Kanäle geführten Regenfallröhren, durch die in Entfernungen von 80—100^{m} angebrachten Einsteigschächte und durch die in 60^{m} Entfernung angelegten gemauerten, 2—2,3^{m} hohen, 0,65 qm weiten Rinnsteineinläufe (gullies).

Der unterste Theil der Regenabfallröhren (unmittelbar über dem Trottoir) besteht aus einem 2theiligen gusseisernen Façonstück, 0,8^{m} hoch, 0,18^{m} weit und 0,1—0,13^{m} breit, mit einem inneren, schief gestellten durchbrochenen Rost und mit einem oberen und unteren Muffenansatz für die anschliessenden Röhren.

Die **Gullies** erhalten hier eine obere Schachtweite von 0,4—0,5^{m}, eine untere von 0,62—0,65^{m}. Die Mauerstärke beträgt ebenso wie bei den Einsteigschächten 0,25^{m}. Die **Strasseneinläufe** werden in München aus Steingutkästen hergestellt und mit schmiedeisernen Eimern versehen.

Die **Wasserclosets** dürfen nur mit höchstens 7^{cm} weiten Mundstücken in die bis über Dach zu verlängernden Abfallröhren einmünden.

Seitenkanäle sollen unter einem flachen Bogen von mindestens 1,0—1,8^{m} Radius in die Hauptkanäle eingeführt werden (bei Hausdrains ist dies nicht erforderlich), wenn nicht vorgezogen wird, die Nebenleitungen an den Kreuzungspunkten der Strassen in die Hauptleitung ausmünden zu lassen und hier sog. **Revisionsbrunnen** anzulegen. Letztere schliessen mittelst besonders geformter Abzweigungsrohre unter einem spitzen Winkel an den Strassenkanal an. Dieses Façonrohr muss mit seiner Mündung über der gewöhnlich höchsten Füllung des Strassenkanals, bei Hauptkanälen mindestens 0,4—0,5^{m} über deren Sohle liegen. Spätere **Anschlüsse** müssen durch Einlegung von provisorisch mit Thonstöpseln zu schliessenden Façonröhren in die Strassenkanäle berücksichtigt werden.

Die Anbringung von **Wasserverschlüssen** in ↶form empfiehlt sich zur Vermeidung des Eindringens übler Gase in die Gebäude an den Ausmündungen der Hausdrains, ferner in Verbindung mit festen Gittern (Sieben) auch am Beginn derselben zur Verhütung von Verstopfungen der Drains. Die Anbringung mehrerer Syphons an einem Rohrstrange, um eine grössere Sicherheit gegen das Eindringen der Gase zu erlangen, hat sich in solchen Fällen nicht bewährt, in welchen in den Rohrstrecken oberhalb des höher gelegenen Syphons zeitweise ein geringerer Luftdruck auftritt, als in den unteren Strecken, wie dies bei Küchenabwasserleitungen, in welche heisses Wasser eingeschüttet wird, zuweilen vorkommt.

Die gebräuchlichsten Syphonstücke sind die nach oben einen sog. Ellenbogen darstellenden Syphonverschlüsse, welche durchschnittlich ca. 67^{cm} Höhe erhalten. Dieselben sind meist so construirt, dass sie sich in 25^{cm} starke Schachtwände leicht einfügen lassen; auch die sog. Putz-Syphons werden ähnlich angewendet.

Digitized by Google

Die Anbringung selbstthätiger Klappenverschlüsse, welche etwa von den Kellern aus leicht zugänglich sein sollten, empfiehlt sich bei der Anlage der Haupthauskanäle.

Schlammkästen mit Syphons werden zweckmässig an den Einmündungen der Rinnsteine von Strassen und Höfen in die Kanäle angebracht und gewöhnlich gemauert. Das in Strassenrinnen sich sammelnde Wasser soll alle 60—70^{m} in die Kanäle eingeführt werden; in München wurden dieselben in Entfernungen von 50^{m} angeordnet. Die Rohrweite betrug hier nur 20^{cm}.

Einsteigschächte sollen seitlich von den Kanälen an allen Hauptabzweigungen, namentlich an Strassenkreuzungen angelegt werden. Dieselben wurden in Berlin in Entfernungen von 80—100^{m}, in München bei den grossen Sammelkanälen alle 200—220^{m}, bei den Hauptkanälen alle 150—170^{m}, in den Nebenkanälen in Entfernungen von 120—140^{m} angelegt.

Die obere Weite der Einsteigschächte beträgt in Berlin 0,56^{m}, wo dieselben unmittelbar auf die eiförmigen Kanäle aufgesetzt werden, erweitern sie sich nach unten auf die lichte Weite des Kanalprofils in Kämpferhöhe; in anderen Fällen auf 0,95^{m} in einer Distanz von rund 1,1^{m} unter dem gusseisernen Schachtdeckel.

Die Deckel der Einsteigschächte und Einläufe sind in verkehrsreichen Strassen nicht in der Fahrbahn, sondern in den Trottoirs anzubringen; die Einläufe stets unter der Kante der erhöhten Trottoirs, welche hier 17^{cm} über der Strassenrinne anzulegen sind.

Lampenlöcher genügen an weniger bedeutenden Kanalstrecken.

In Berlin werden innerhalb der einzelnen bebauten Grundstücke, in der Regel in unmittelbarer Nähe der Trottoirs, noch sogenannte Inspectionsgruben, 1,0^{m} lang und 0,6^{m} breit angelegt. In dem hier durchführenden Hauptrohrstrang ist ein gusseisernes Façonstück mit durch einen aufgeschraubten Bügel gehaltenem Deckel eingeschaltet, welch' letzterer leicht abgehoben werden kann.

Die Tiefe der Kanäle unter der Oberfläche beträgt gewöhnlich ca. 3,0^{m}, jedenfalls sollen die Keller durch sie trocken gelegt werden, weshalb in München z. B. die durchschnittliche Tiefe 5,0^{m} beträgt.

Behufs Drainirung des Untergrunds sind die unterirdischen Hauskanalröhren in durchlässiges Material (Kies) fest einzubetten.

Röhren, welche über die Erde zu liegen kommen, dürfen in Hausmauern nicht fest eingemauert werden. Alle Kanalstrecken sollen eine frostfreie Lage erhalten.

Zur Spülung dienen Schützenvorrichtungen (in ca. 800^{m} Distanz von einander), welche an den Einsteigschächten angebracht werden oder die Hydranten der städtischen Wasserleitungen. Zuweilen werden auch besondere Spülbehälter angelegt, wie z. B. in Frankfurt, woselbst die Rohrleitungen und Kanäle des sog. Bergsystems mit dem aus diesen Behältern entnommenen Wasser und die Leitungen des tiefer liegenden Thalsystems wiederum mit dem Abwasser des Bergsystems gespült werden. Die Höhe der Stauung ist abhängig von den Kellersohlenhöhen. Auch zur Spülung der Hausdrains werden manchmal besondere Einlässe angelegt, welche von den städtischen Wasserleitungen aus gespeist werden.

Gasleitungen dürfen nicht in die Strassenkanäle eingelegt werden.

Preise einiger Kanalisationsarbeiten und Bestandtheile.

Glasirte Thon- oder Steingutröhren kosten durchschnittlich ab Werk pro Meter Baulänge:

			Mark.				Mark.
bei 50^{mm}	Lichtw.	10 kg	0,50—0,60	bei 250^{mm}	Lichtw.	50 kg	3,40— 3,80
« 75 «	«	14 «	0,70—0,85	« 300 «	«	65 «	5,20— 5,60
« 100 «	«	18 «	0,85—1,00	« 350 «	«	75 «	6,80— 7,20
« 125 «	«	23 «	1,35—1,50	« 400 «	«	90 «	8,50— 9,00
« 150 «	«	28 «	1,75—1,90	« 450 «	«	100 «	11,20—12,00
« 175 «	«	33 «	2,10—2,25	« 500 «	«	115 «	14,00—15,00
« 200 «	«	39 «	2,35—2,60	« 600 «	«	135 «	21,00—22,00
« 225 «	«	48 «	2,80—3,15				

Bogenstücke bis incl. 100mm Lichtweite werden mit 3/4, für grössere Lichtweiten zum Meterpreise gerechnet. Einfache rechtwinklige oder schräge Ansätze zu 1—1 1/3 des Meterpreises; doppelte Ansätze desgleichen zum doppelten Meterpreis des geraden Rohrs.

Bei grösseren Calibern empfiehlt sich die Verwendung von Cementröhren.

Zum Schutz der letzteren gegen etwa in ihnen abzuleitende schwache Säuren empfiehlt sich die Anbringung eines Goudronanstrichs auf der Sohle, bezw. auf der von den Hausabwassern benetzten Fläche. Zum Anstrich von 1 qm sind ca. 1,15 kg Goudron erforderlich, welcher pro 100 kg auf ca. 38 Mk. zu stehen kommt.

Im Mittel kosten die mit Falz versehenen Cementröhren ab Fabrikationsstelle pro Meter Baulänge:

bei	10cm	Lichtw.	19	kg	Mk.	1. —	bei	45cm	Lichtw.	220	kg Mk. 6. 00
«	15 «	«	34	«	«	1. 40	«	50 «	«	266	« « 6. 80
«	20 «	«	54	«	«	1. 90	«	60 «	«	370	« « 8. 40
«	25 «	«	75	«	«	2. 50	«	36/54cm	«	240	« « 6. 80
«	30 «	«	110	«	«	3. 20	«	48/72 «	«	440	« « 9. 80
«	35 «	«	140	«	«	4. 20	«	60/90 «	«	700	« « 14. 00
«	40 «	«	190	«	«	5. 10	«	72/108 «	«	970	« « 20. —

Muffenröhren sind um ca. 7% höher anzusetzen.

1	Syphonauslassst.	15cm	weit	Mk.	9.—	1	Syphonrohr	15cm	weit	Mk.	2. 60
1	Putzsyphon	15 «	«	«	5.—	1	Ueberlaufrohr	15 «	«	«	1. 20

Bogenstücke erhalten gewöhnlich 80cm, 50cm und 30cm Radius und 45cm Rohrlänge, und kosten pro Stück: bei 15cm Weite ca. 1 Mk. 65 Pf., bei 20cm Weite ca. 2 Mk. 5 Pf., bei 25cm Weite ca. 3 Mk.

Unter gewöhnlichen Verhältnissen werden von einem Rohrleger und einem Handlanger incl. Dichtung der Muffen mit Letten und Wergzöpfen täglich satt verlegt

35—40	Stück	10cm	weite	Röhren	
25—30	«	15 «	«	«	
20—25	«	20 «	«	«	
18—20	«	25 «	«	«	
10—12	«	45 «	«	«	

und kosten die Materialien (Letten, Wergzöpfe, Steine zum Unterlegen) pro Rohrstück von 60cm Länge:

durchschnittlich	25	Pf.
«	35	«
«	45	«
«	50	«
«	80	«

Der Mörtelverbrauch bei Kanal- und Schachtgemäuer beträgt durchschnittlich 25% des Cubikgehalts des Mauerwerks.

Zu 1 cbm Kanalgewölbe aus Steinen, welche 6,5cm Stärke nirgends überschreiten, und unter der Annahme von 3% Bruch sind 430 Stück, zu Schachtmauerungen 420 Stück, zu Kanalwänden 410 Stück Normalziegel erforderlich.

Ein tüchtiger Kanalmaurer fertigt mit einem Handlanger pro Tag incl. Ausfugen und aller Arbeit (bis zu 5m Kanaltiefe) 1,1—1,3 cbm Kanalgemäuer von einem, oder 1,3—1,6 cbm von zwei Ring Stärke; bei Schachtgemäuer 1,1—1,2 cbm; bei 6—7m Kanaltiefe sind 0,2 Handlangertage zuzuschlagen.

Eine geübte aus 4 Maurern und 4 Handlangern bestehende Arbeitercolonne ist bei 10stündiger Arbeitszeit im Stande, 4—6m eines 1,16m/1,76m weiten eiförmigen Backsteinkanals einschliesslich des Legens der Sohlsteine und der zur Entwässerung erforderlichen Drainröhren herzustellen, desgl. 6—8m von 1,0/1,5m Weite, 9—12m von 0,84/1,26m und 12—15m von 0,7/1,05m Weite.

Für Aufsichts- und Messkosten sind 5%, für sonstige Unkosten 5%, für Unternehmergewinn und Risiko 10% in Rechnung zu nehmen.

Bei der Anlage der Rohrgräben für Röhren von 8—25cm Lichtweite und bei geringer Tiefe ist die Grabenbreite zu 60cm, bei grösseren Tiefen zu 70—80cm, bei Rohrweiten von 30—45cm zu 85—100cm anzunehmen. Wo Verschalung erforderlich ist, sind ausserdem noch 10cm zuzuschlagen.

Digitized by Google

Bei dem Aushub der Kanalbaugruben in mit der Haue und mit dem Pickel zu gewinn. Boden sind 2 Arbeiter täglich im Stande, bei ca. 3m Tiefe noch 7—8 cbm Boden auszuheben und seitlich zu werfen. Zu derselben Leistung sind bei 4—5m tiefen Kanälen 3 t und bei 6—7m Tiefe 4—5 t erforderlich (excl. Einschaalen und Wasserpumpen).

Zwei tüchtige Arbeiter sind durchschnittlich täglich im Stande, 40 Stück je 4m lange, 6cm starke Dielen mit 60 Stück 10—20cm starken Spriesshölzern und den dazu gehörigen 120 Holzlaschen von 50cm Länge, 15cm Breite und 6cm Stärke einzubringen.

Für das Holzwerk ist bei jeder Benützung 20% des Werths in Abzug zu bringen, dasselbe kann also etwa fünfmal verwendet werden.

Bei einer Tieflage von 5—6m und einer Länge bis zu 10m ist der Tunnelbau mittelst eiserner Bogengestelle und im Uebrigen vollständiger Holzeinschalung dem Betrieb im offenen Einschnitt, namentlich in engen Strassen, vorzuziehen. Bei geringerer Tiefe ist der Tunnelbau theurer; bei grösserer dagegen billiger. Dagegen hat der Tunnelbau den grossen Nachtheil der erschwerten Controle der Arbeiten, auch ist derselbe bei Andrang von vielem Grundwasser schwierig durchzuführen.

Ein tüchtiger Mineur führt mit 4 Handlangern einen Stollenbau von 3m Länge für einen ca. 1,25m weiten Kanal in mit der Haue zu gewinnendem Boden incl. Verschalung in einem Tage aus.

Unter gewöhnlichen Verhältnissen darf der Preis eines Meters mit Steingutsohle versehenen Haus- und Strassenkanals aus Backsteinen incl. Zubehörden (Revisionsschächte, Syphons etc.) bei 5m vergl. Tiefe angeschlagen werden bei einem Kanal

von	60	cm	Weite	und	90	cm	Höhe	zu	. . . .	50—60 Mk.
«	70	«	«	«	1,05	«	«	«	. . . .	55—70 «
«	84	«	«	«	1,26	«	«	«	. . . .	70—90 «
«	1,0	«	«	«	1,5	«	«	«	. . . .	85—105 «
«	1,24	«	«	«	1,76	«	«	«	. . . .	95—115 «

1 cbm Portlandcementbeton von der Mischung 1 Theil Cement und 9 Theile Sand und Kies kommt in trockenem Boden bei ca. 5—6m tiefen Gründungen durchschnittlich auf 20 Mk. zu stehen, desgl. das Verlegen von 0,5m breiten und langen Steingutsohlsteinen pro Meter auf 2 Mk., 1 cbm in Portlandcementmörtel versetztes Kanalgemäuer aus Backsteinen excl. Steinlieferung auf ca. 26 Mk., 1 cbm Pfeilergemäuer aus Backsteinen in Schwarzkalkmörtel versetzt ohne Steinlieferung auf ca. 12 Mk.

In Freiburg im Breisgau wurden die Kosten von Strassenkanälen excl. der zu 10% geschätzten Kosten für Bauaufsicht für die Wiederinstandsetzung der Strassenbeleuchtung, Spülvorrichtungen, Aenderungen an Gas- und Wasserleitungen etc. ineinander gerechnet angeschlagen pro Meter Länge

	bei	0,36m	Weite	zu	15	Mk.,	bei	0,60m	Weite	zu	20	Mk.,
	«	0,40m	«	«	16	«	«	1,20m	«	«	39	«
	«	0,45m	«	«	17	«	«	1,50m	«	«	53	«
desgl.	«	0,4/0,6m	«	«	19	«	«	0,7/1,05m	«	«	28	«
	«	0,5/0,75m	«	«	21	«	«	0,8/1,20m	«	«	33	«
	«	0,6/0,90m	«	«	24	«	«	1,0/1,5m	«	«	39	«
							«	1,0/1,65m	«	«	43	«

ferner ein Revisionsschacht zu 200 Mk. und ein doppelter Strasseneinlauf zu 200 Mk.

Die Kanäle bestehen hier aus Beton.

Betriebskosten der Kanalisation in München.

Die Kosten der Handarbeit (Reinigung u. Spülung) betr. jährl. pro Meter Kanallänge.	0,32	Mk.
Die Reinigung eines Strasseneinlaufs kostet jährlich pro Stück	5,90	«
« « der Mannlöcher u. Ventilröhren « « «	0,97	«
Die Gesammtreinigungskosten belaufen sich pro Meter Kanal auf	0,52	«
Ferner die Kosten der baulichen Unterhaltung allein auf . .	0,14	«

Digitized by Google

Kläranlagen.

Nur bei genügender Wassermenge des Flusses und starkem Gefälle ist auf die Selbstreinigung der Flüsse für die Leitungsabwässer zu rechnen; z. B. München, wo auf Pettenkofer's Rath directe Einleitung in die Isar erfolgt. Zur Vernichtung der schädlichen Abwässerstoffe werden vielfach Kläranlagen angelegt, die jedoch nur bei kleinem Umfange genügen, schon für mässige Fabrikanlagen nur unter sehr günstigen Verhältnissen nicht versagen. Prinzip: Durch Beimengen von Chemikalien sollen Bazillen etc. getötet werden, ohne dass das Schlammproduct an Werth für Düngstoffe verliert. Die Schlammtheile werden abgefahren, das Klärwasser geht in die Flüsse. Erfolg entweder für die Reinigung oder für die Landwirthschaft bis jetzt durchgehends mangelhaft! Chemikalien: am billigsten Kalk, schwefels. Thonerde, auch Eisensalz z. B. Eisenchlorid. Schlamm ist nur bei ganz geringen Entfernungen noch verkäuflich, daher Versuche zur industriellen Verwerthung, z. B Bruch (Wiesbaden): übermässigen Kalkzusatz, das abgestochene Product zu Cement verarbeitet; Friedrich (Leipzig-Plagwitz): Klärung mit geschweelt Braunkohle, Verfeuern der Kohle.

Ausführungen: a. Klärbecken. Schmutzwasser fliesst in einen Vertheilungsgraben, aus diesem in (ausschaltbare) Klärbecken und aus letzteren durch Ueberfall in Klärwasserabfluss. Becken 30—80 m lang, 6—12 m breit, geneigte Sohle, tiefster Punkt Schlammabzug. Becken offen oder überwölbt (Frankfurt a. Main). Wassergeschwindigkeit 3—5 mm.

b. Klärbrunnen. Aussen grosser Brunnen mit kugelförmiger Vertiefung in der Sohle für Schlammabzug; hineinragt innen kleiner Brunnen, in welchen die Abwässer von unten aus dem äussern Brunnen aufsteigen und oben geklärt abgeführt werden. Wassergeschwindigkeit 1—2 mm.

c. System Röckner-Rothe vermeidet die tiefen Brunnen dadurch, dass es in einem rings geschlossenen, halb über der Erde stehenden Kessel durch Luftverdünnung oben das Wasser ansaugt bis zum Klärwasserabfluss; unten Schlammabzug, im unteren Drittel Schmutzwasserzufluss.

Ausgeführte Kläranlagen z. B. in Wiesbaden, Dortmund (Klärbrunnen), in Frankfurt a. Main (sehr theure Anlage und hohe Betriebskosten bei mässigem Erfolg, Klärbassins), Röckner-Rothe Essen, früher Braunschweig.

Rieselanlagen

sind z. Z. die vollkommensten Einrichtungen für Desinfection und Verwerthung der Abwässer. Erforderniss: durchlässiger Boden, ebenes Gelände in Nähe der Stadt bei nicht zu theuren Erwerbskosten. Dann billiger auf die Dauer wie Kläranlagen. Bedarf an Gelände: auf 1 ha Rieselfeld in Berlin 300, Danzig 450, Breslau 400, Freiburg 250 Personen. Breslau treibt vorwiegend Weidenkulturen, die Rieselanlagen sind trotzdem zu klein, Vergrösserung geplant. 300 Personen pro ha dürfte äusserste Grenze sein.

Mauern gegen Wasserdruck.

Bei Quai- und dergl. Mauern wird das Erdreich als mit Wasser durchzogen angenommen, wesshalb der Reibungswinkel $\varphi = 20^0$ zu setzen ist.

Die Mauern sind mit und ohne Wasserdruck auf der äussern Seite zu berechnen. Weiteres siehe den Abschnitt über Stütz- und Futtermauern.

Die Thalsperren sind auch auf ihre Stabilität für den Fall zu untersuchen, dass das Reservoir leer ist.

Bei der Berechnung ist maassgebend, dass im Mauerwerk keine Zugspannungen auftreten dürfen, dass die tang. des Winkels, den die Verticale mit der Resultanten einschliesst, $\leqq 0{,}5$ ist und dass der Maximaldruck an den Kanten der Mauer 8 kg pro qcm nicht übersteigt. Für den Untergrund wird eine Belastung bis zu 5 kg zugelassen. Die Figur 10 zeigt ein für Thalsperren öfters angewandtes Profil.

Die Druckfläche ergibt sich durch Auftragen der Wassertiefen an verschiedenen Punkten der gedrückten Wandfläche in der Richtung der Normalen zur Wandfläche. Durch Division dieser Längen mit dem spec. Gewicht der Mauer $= \gamma$ wird das Druckprofil gleichwerthig mit dem Mauerprofil.

Digitized by Google

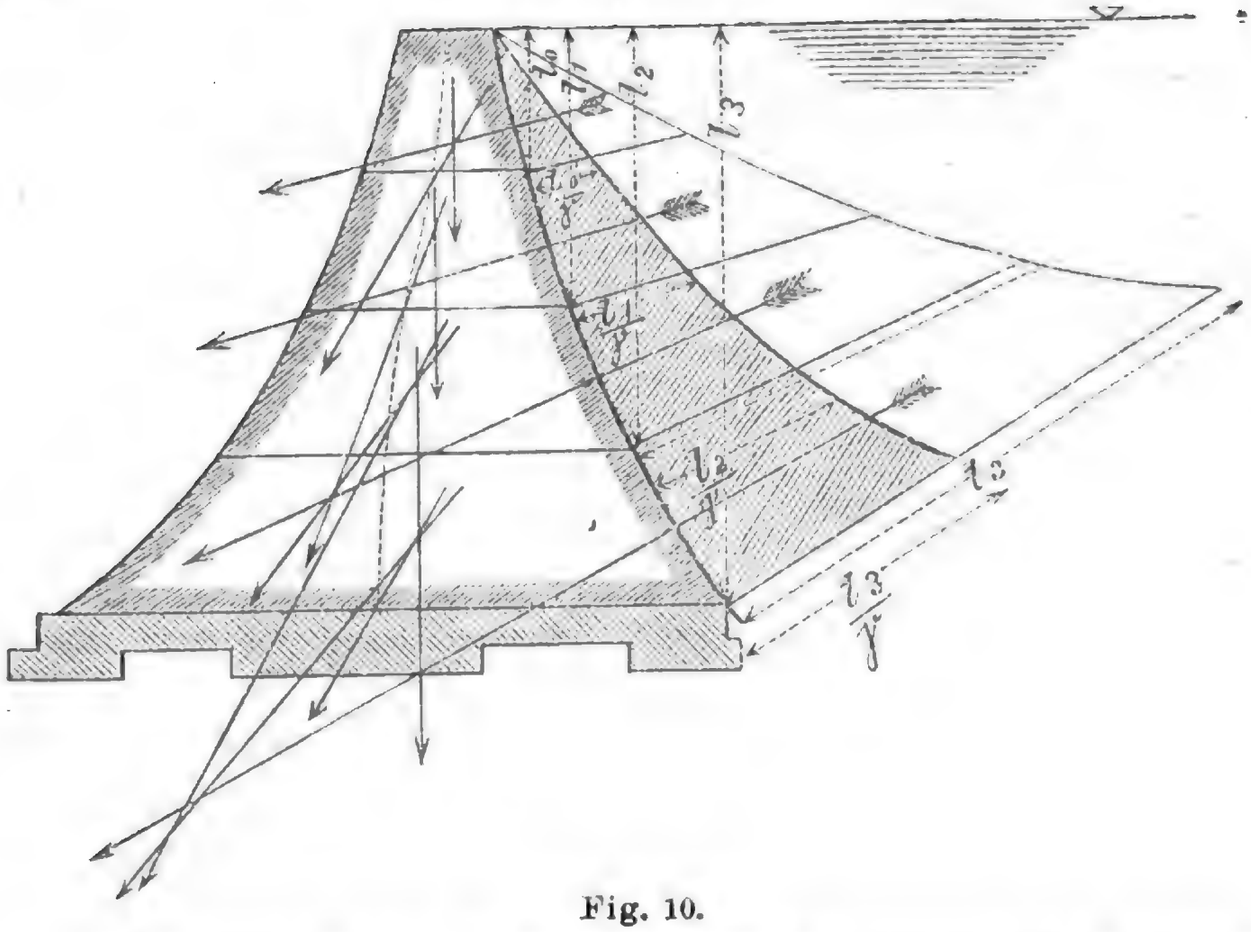


Fig. 10.

Theilt man nun das Mauerprofil durch Horizontale und das Druckprofil durch die anschliessenden Normalen zur Wandfläche in einzelne Flächen, so kann durch Zusammensetzung der Gewichte der Mauerwerksflächen mit den entsprechenden Flächen des Druckprofils eine Kräftepolygon und eine (in Fig. 10 gestrichelte) Drucklinie für das Mauerprofil construirt werden. Die einzelnen Wasserdrücke greifen in den Schwerpunkten der entsprechenden Flächen an und ist ihre Richtung normal zur Wandfläche.

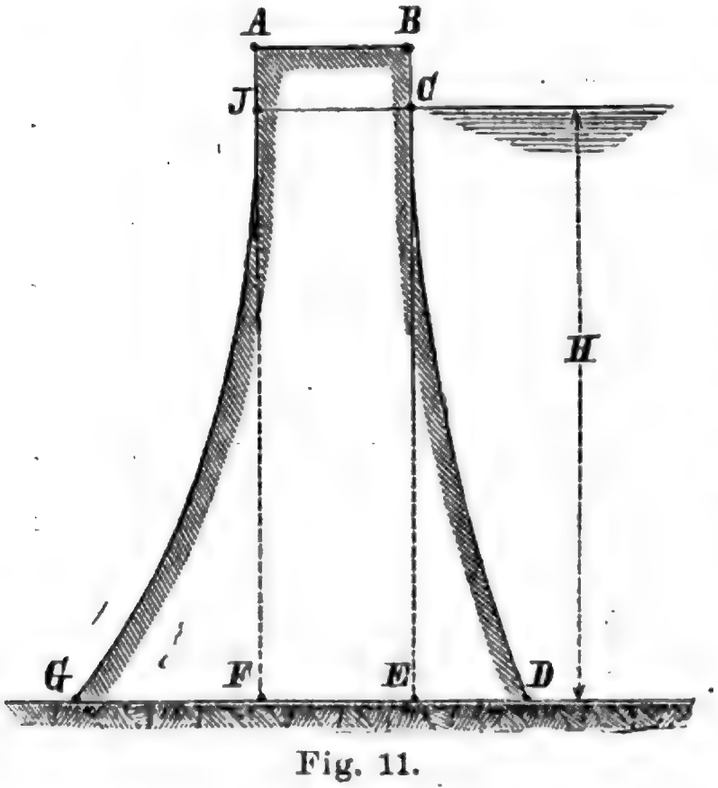


Fig. 11.

Enthält der Untergrund in nicht allzugrosser Tiefe eine, für die Fundation einer Mauer geeignete Basis, so ist die Mauer das beste Stauwerk. Da eine aus Quadern hergestellte Mauer in der Regel drei- bis viermal so viel kostet, als eine solche aus Bruchsteinen in hydraulischem Mörtel, dabei aber höchstens die doppelte Pressung pro Flächeneinheit erträgt, so ist es rationell, die Staumauern aus Bruchsteinen in hydraul. Mörtel versetzt herzustellen. Mauern mit Hinterwasser von 5 bis zu 35 Meter Höhe genügen allen, in statischer Beziehung an dieselben gestellten Anforderungen, wenn die folgenden Dimensionen eingehalten werden:

$$AB = 1{,}5 + 0{,}1 \,.\, H, \quad BC = 0{,}1 \,.\, H, \quad ED = 0{,}2 \,.\, H,$$
$$GF = 0{,}15 \,.\, H + 0{,}01 \,.\, H^2;$$

alle Maasse in Meter. Die Punkte C und D bezw. J und G werden durch Kreisbogen verbunden, welche in Jb und C angiren, deren Radien also dadurch präcisirt sind. Bei Mauern mit Hinterwasser von mehr als 35^m Höhe ist die Kronenbreite constant und zu 5^m anzunehmen; bis zur

(See end of Book, notes.)

Tiefe von 35^{m} gilt das oben angegebene Profil. Des Weiteren pflegt man sodann in der Tiefe von 35^{m} sowohl an der Wasserseite wie an der Thalseite je eine Berme von 1^{m} Breite anzubringen und die Mauer an der Thalseite mit einfacher, an der Wasserseite mit $^{2}/_{3}$facher Anlage abzuböschen. Bei Anwendung dieser Dimensionen und dem Gewichte eines Cubikmeters Mauerwerk von 2000 bis 2300 Kilo erreicht die maximale Pressung die Grösse von 6 Kilo pro Quadratcentimeter, vorausgesetzt, dass die Cubikeinheit des hinterlagernden Wassers nicht mehr als 1000 Kilo wiegt. Eine stärkere Pressung im Mauerwerk ist bei der ungeheuren Verantwortung, welche mit dem Bau solcher Stauwerke verknüpft ist, nicht rathsam.

Längen- und Querprofil der Flüsse.

Aus der Betrachtung der Grösse der Geschiebe in den Flüssen, der Arbeit, welche zu deren Fortbewegung erforderlich ist (s. oben Hydraulik), hat Sternberg in der Zeitschrift für Bauwesen vom Jahr 1875, S. 483 sehr werthvolle Folgerungen gezogen. Da nämlich die Abschleifung der Gerölle proportional ihrem Gewichte im Wasser und dem zurückgelegten Weg vor sich geht, so darf zum Zweck der Fortbewegung derselben das Gefäll der Flüsse von oben nach unten abnehmen; jeder Flussstrecke kommt somit ein bestimmtes, von der Wassermenge, der Beschaffenheit seiner Geschiebe u. s. w. entsprechendes, nach oben concaves Längenprofil zu, welches nur etwa durch natürliche oder künstliche Schwellen unterbrochen werden kann, unterhalb derselben sich aber wieder regelmässig auszubilden strebt. Dieses richtige Längenprofil schon vor Inangriffnahme von Flusscorrectionsbauten zu ermitteln, ist eine Hauptaufgabe des Hydrotecten. Bezeichnet man einen Punkt des Flusslaufs mit x, so ist die Abschleifung eines, als Umdrehungsellipsoid gedachten Steins beim Weiterrollen, wenn 2b das Maass der kleinen Axe desselben und γ' das specifische Gewicht des Wassers, γ'^{1} das des Steins ausdrückt $= b^{3} (\gamma'^{1} - \gamma') \, dx$. Hierbei ist vorausgesetzt, dass die Gestalt des Steins beim Rollen sich gleichbleibt. Bezeichnet ferner η eine von der Natur des Steins abhängige Constante und e = 2,71828, wird ferner $\lambda = \frac{\eta \, (\gamma' - \gamma'_1)}{3}$ gesetzt und sind b_0 und x_0 zwei zusammengehörige Werthe, so ist $\lambda = \frac{1}{x - x_0} \ln \frac{b}{b_0}$ oder $= \frac{2}{x - x_0} \ln \frac{u}{u_0}$. Bezeichnet ferner u und u_0 die mittlere Geschwindigkeit des Wassers in den Profilen bei x und x_0, p den benetzten Umfang eines Profils, k die Constante der Geschwindigkeitsformeln für die Wasserbewegung, Q die Wassermenge, F den Flussquerschnitt, α das relative Gefälle der Flussoberfläche, so ergibt sich, wenn in der Geschwindigkeitsformel

$$u = k \sqrt{\frac{F}{p}} \cdot \sqrt[n]{\alpha}$$

n bestimmt, z. B. nach Eytelwein, Darcy, Ganguillet und Andern $= 2$ angenommen wird, da $\alpha = \frac{dy}{dx}$ ist, und

$$dy = \frac{u^{\frac{3n}{2}}}{k^{n}} \left(\frac{p}{Q}\right)^{\frac{n}{2}} dx$$

die Formel für das Längenprofil der Flüsse

$$dy = \frac{u_0^{\frac{3 \cdot n}{2}}}{k^{n}} \left(\frac{p}{Q}\right)^{\frac{n}{2}} e^{\frac{3}{4} \cdot n \cdot \lambda (x - x^{0})} dx.$$

Sind die Flussbreiten p gegeben, ebenso die Wassermengen Q, jedoch mit der Einschränkung, dass zwischen den Einmündungen zweier Nebenflüsse jeder Flussstrecke ein gleiches p und Q zukommt, und setzt man

Digitized by Google

$$\frac{u_0^{\frac{3n}{2}}}{\frac{3}{4}\lambda\, n\, k^n} = w \text{ und } \frac{3}{4}\lambda\, n = v, \quad \frac{p}{Q} = c,$$

$$\text{so ist } y = w \cdot c^{\frac{n}{2}} e^{vx} + \text{Const.}$$

$$y^m = w\left\{c_1^{\frac{n}{2}}\left(e^{vx_1} - 1\right) + c_2^{\frac{n}{2}}\left(e^{vx_2} - e^{vx_1}\right) + \ldots\ldots\right.$$

$$\left. c_m^{\frac{n}{2}}\left(e^{vx_m} - e^{vx_m - 1}\right)\right.$$

Es ist somit die Curve eine logarithmische Linie.

Die Bestimmung von λ aus der Grösse der Geschiebe ist wegen der wechselnden Gestalt und Grösse derselben nur angenähert zu erreichen; es erübrigt daher nur die Möglichkeit der Eruirung von λ aus den Längenprofilen von zur Ruhelage gekommenen, regelmässig ausgebildeten Flussstrecken aus der Gleichung $y = y_1 \frac{1 - e^{\frac{\lambda n}{2} x}}{1 - e^{\frac{\lambda n}{2} x_1}}$.

Für einen Stromlauf, dessen Längenprofil den Gleichgewichtszustand erreicht hat, ist auch ein entsprechend gestaltetes Querprofil und zwar für die verschiedenen, bekannten Wassermengen Q auszubilden. Das gesuchte Querprofil ist dasjenige, wobei $\frac{F}{p} = r$ constant ist.

Anmerkung des Herausgebers. Es ergibt sich hieraus auch die Zweckmässigkeit der praktischen Regel bei weniger belangreichen Correctionen kleinerer Flüsse unter sonst gleichartigen Verhältnissen für jeden Fluss zwischen zwei Nebenflusseinmündungen wo immer möglich diejenige Strecke zu ermitteln, in welcher sich das Bett normal ausgebildet zeigt und die Sohle gleichförmige Geschiebe unter Ausschluss von Kiesbänken oder sonstigen Unregelmässigkeiten, Untiefen oder Auskolkungen aufweist, worauf dann die hier gefundenen Längen- und Querprofile als Typen der Correction aufgestellt werden.

Anlage von Werkskanälen und von festen Wehren.

Das vortheilhafteste Querprofil eines Kanals ist dasjenige, dessen mit Wasser benetzter Umfang bei bestimmtem Inhalt ein Minimum wird. Bezeichnet man mit α den Böschungswinkel, mit t die Wassertiefe, mit b die Wasserspiegel- und mit b_1 die Sohlenbreite, ferner mit a den Querschnitt, so ist

$$t = \sqrt{\frac{a \sin \alpha}{2 - \cos \alpha}}; \quad b = \frac{a}{t} + t \text{ cotg. } \alpha,$$

$$b_1 = \frac{a}{t} - t \text{ cotg. } a.$$

Für $a = 1$ sind die vortheilhaftesten Werthe von t, s. Tab.

Tabelle der vortheilhaftesten Dimensionen von Kanälen.

Böschungs-Winkel.	Relative Böschung.	Tiefe t.	Untere Breite b_1.	Benetzter Umfang.
90^0	0	0,707	1,414	2,828
60^0	0,577	0,760	0,877	2,632
45^0	1,000	0,740	0,613	2,704
40^0	1,192	0,722	0,525	2,771
$36^0 52'$	1,333	0,707	0,471	2,828
35^0	1,402	0,697	0,439	2,870
30^0	1,732	0,664	0,356	3,012
$26^0 34'$	2,000	0,636	0,300	3,144
Halbkreis	—	0,708	—	3,507

Digitized by Google

Bei grösseren Aufschlagswassermengen in Fabrikkanälen soll nach Redtenbacher

$$\frac{b_1}{t} = 2{,}7 + 0{,}9 \cdot a \text{ werden.}$$

Durchstiche. Werden mit t bezw. t_1 die Wassertiefen in der zu corrigirenden Stromstrecke, bezw. im Durchstiche und mit l bezw. l_1 die Länge der ersteren, bezw. des Durchstichs bezeichnet, so ist angenähert

$$t_1 = t \sqrt[3]{\frac{l_1}{l}}.$$

Ueber den Einfluss von Flusskrümmungen gibt nachstehende Formel Aufschluss, worin ϱ den Halbmesser der betr. Krümmung bezeichnet:

$$\frac{a}{p} \cdot \frac{h}{l} \cdot \frac{1}{v\sqrt{v}} = 0{,}0004021 + 0{,}0002881 \sqrt{\frac{b}{\varrho}} \text{ für Metermaass.}$$

Bei Fabrikkanälen ist die Geschwindigkeit zwischen $0{,}4^m$—$0{,}8^m$ anzunehmen. Den Zuleitungskanälen wird ein Gefäll von $^1/_{2000}$—$^1/_{2500}$, den Unterkanälen von $^1/_{500}$—$^1/_{1000}$ gegeben. Um Schlammablagerungen zu verhindern, muss die Geschwindigkeit an der Sohle mindestens $0{,}25^m$ betragen, gegen Sandablagerungen schützt eine Geschwindigkeit an der Sohle von $0{,}5^m$.

Die Dammkrone soll bei gemauerten Kanälen $0{,}3^m$, bei Erdkanälen mindestens $0{,}5^m$ über dem Wasserspiegel liegen und bei letzterem nicht unter $1{,}5^m$ breit sein. Führt das Wasser Grundeis mit sich, so ist die Krone höher zu legen. Wo der Kanal im Einschnitt liegt, muss in Dammkronenhöhe eine Berme von mindestens $0{,}8^m$ Breite zum Eisen etc. durchgeführt werden.

Lange Dammschüttungen sind, weil schwer dicht zu erhalten, bei Oberkanälen thunlichst zu vermeiden; lange Unterkanäle haben den Vortheil, dass der Rückstau bei Hochwasser weniger fühlbar ist.

Tabelle über die Geschwindigkeiten, welche das Wasser in Kanälen, ohne die Sohle anzugreifen, nicht überschreiten darf.

Beschaffenheit der Sohle.	Geschwindigkeit im Wasserspiegel.	Geschwindigkeit am Boden.	Beschaffenheit der Sohle.	Geschwindigkeit im Wasserspiegel.	Geschwindigkeit am Boden.
Töpferth., schlammige Erde . . .	$0{,}15^m$	$0{,}08^m$	Eckige Steine von Hühnereigrösse .	$1{,}60^m$	$1{,}0^m$
Feiner Sand . . .	$0{,}20^m$	$0{,}10^m$	Conglomerat und Schiefer	$2{,}20^m$	$1{,}5^m$
Abgelagerter Thon	$0{,}30^m$	$0{,}15^m$	Lagerhafte Gebirgsarten	$2{,}75^m$	$1{,}8^m$
Lehm und fester Flusssand . . .	$0{,}60^m$	$0{,}30^m$	Harte ungeschichtete Felsen . . .	$4{,}2^m$	$3{,}0^m$
Kiesiger Boden .	$1{,}20^m$	$0{,}65^m$			

Nach Umpfenbach enthält das Bett kleinerer Flüsse bei einer Geschwindigkeit v^0 im Wasserspiegel

Kies	von $0{,}026^m$	Durchm.	wenn	$v^0 = 0{,}942^m$
«	« $0{,}052^m$	«	«	$v^0 = 1{,}569^m$
Steine	« $0{,}00515$	cbm	«	$v^0 = 2{,}197^m$
«	« $0{,}031$	«	«	$v^0 = 3{,}14^m$
«	« $0{,}0616$	«	«	$v^0 = 4{,}71^m$

Nach Funk ist für Granitgeschiebe von $0{,}048$—$0{,}06^m$ Dicke $v^0 = 1{,}74^m$. Bei den diesbezüglichen Versuchen wurde die Bodengeschwindigkeit $= 0{,}6\ v^0$ angenommen.

Beim Eintritt des Wassers aus Stauanlagen, Sammelweihern in die Kanäle entsteht ein Druckhöheverlust, welcher angenähert $= 0{,}0510 \frac{v^2}{\mu^2}$ ist, worin v die Geschwindigkeit im Kanal, μ aber einen Coëfficienten bezeichnet, welcher je nach der Construction des Kanaleinlaufs und der Grösse des Kanals zwischen 0,85 und 0,95 differirt.

Digitized by Google

Wehre, namentlich die beweglichen Wehre, werden in der Regel normal zur Flussrichtung angelegt. Zweckmässig ist die Anlage von Schützen (Schleusen) in den festen Wehren, sowohl zur leichteren Abführung der Hochwasser etc., als auch zum Zweck der Selbsträumung des Flussbetts oberhalb des Wehrs.

Schützen, welche zum Passiren von Langholz-Flössen von 4^m Breite und ca. 300^m Länge angelegt werden, erhalten in der Regel $4{,}2$—$4{,}5^m$ Breite. Flossgassenschützen werden aus 8—10^{cm} starken nicht gefederten, ganz ausgetrockneten Bohlen hergestellt. Der Führungsfalz in den beiderseits vorhandenen Schützen (Fallen)-Pfosten ist mit Eisen zu beschlagen.

Für Rhein- und Mainflösse müssen Auslässe von 12^m Breite bei Gefällen von höchstens 1 : 100 angelegt werden.

Wassermotoren, s. Maschinenbau.

Flussbauten.

Im Allgemeinen werden bei Flusskorrektionen nachstehende Grundsätze zu befolgen sein:

Die Korrektionen sollen allmälig abtheilungsweise flussabwärts fortschreiten. Die Normaluferlinie soll mit Benutzung von Concaven, Untiefen und Inseln ausgewählt und hierbei — wo keine Entsumpfung bezweckt werden soll, jede Senkung des Fluss- bezw. Grundwasserspiegels durch Einlegen von Serpentinen vermieden werden.

Um bei Gebirgsbächen Vertiefungen zu vermeiden, sind hölzerne Grundschwellen vor Spundwänden einzulegen.

Wenn ein Fluss oder Bach längs Gehängen sich hinzieht, welche zum Rutschen geneigt sind, wird die Korrektionslinie thunlichst vom Hang abgerückt. Die von den Gehängen zufliessenden Wasser sollen die zwischenliegenden Auflandungen bewässern.

Stromtheilungen sind thunlichst zu vermeiden, die Mündungen kleiner Bäche sind an concave Ufer des Hauptgerinns zu verlegen.

Der richtigen Profilbestimmung für den Niederwasserstand ist namentlich bei Gebirgsflüssen die grösste Sorgfalt zuzuwenden, da die Uferbauwerke dem Abbruch ausgesetzt sind, wenn die Tiefe zu gross und die Breite zu klein ist, im umgekehrten Falle aber der Verlust an Stosskraft zu gross ist, woraus Verkiesungen und alle sonstigen hieraus sich ableitenden Flusskrankheiten entstehen.

Wenn Gefäll, Wassermenge und Geschwindigkeitscoëfficient bekannt sind, so wird zunächst bei NW ein Profil aufgenommen und solches in ein künstliches mit wagrechter Sohle verwandelt, das aber gleiche Wasserspiegelbreite und gleiche Fläche mit dem aufgenommenen (natürlichen) Profil hat. Bezeichnet n das Verhältniss der mittleren Breite zur mittleren Tiefe, so wird

$$n = \frac{F}{\left(\frac{b + \sqrt{b^2 - 4\beta \,.\, F}}{2\beta}\right)^2}$$

worin F die Profilfläche, b die obere Breite und $\beta = \operatorname{ctg} \beta$ das umgekehrte Böschungsverhältniss bedeutet. Es wird nun n aus verschiedenen aufgenommenen Profilen berechnet. Da

$$v = K\sqrt{r \,.\, \alpha} \text{ ist,} \qquad \left(\alpha = \frac{h}{l} \text{ und } r = \frac{F}{p}\right),$$

so ist

$$F = \frac{b_1^2 n}{(n+\beta)^2} \text{ und } r = \frac{b_1 n}{(n+\beta)\left(n - \beta + 2\sqrt{1+\beta^2}\right)}$$

worin b_1 die Normalwasserspiegelbreite bezeichnet; es ist ferner die mittlere Wassertiefe $t_1 = \frac{b_1}{n+\beta}$.

Werden nun für b_1 und n versuchsweise Werthe angenommen und wird hieraus v bestimmt, bis die Bedingung $F \,.\, v = Q$ zutrifft, so ist das Profil gefunden.

Gebirgsbäche, welche in Seeen ausmünden, erhalten im Staugebiet allmälig sich verengende Mündungen.

Digitized by Google

Bei der Feststellung der Normalprofile an der Elbe hat sich gezeigt, dass der Coëfficient n der Kutter'schen Formel in den unteren Stromstrecken zunahm, obwohl das Geschiebe hier feiner ist, woraus geschlossen werden muss, dass die Widerstände durch die Sandbänke und Buhnen hier von grösserem Einflusse sind, als der Umfang des Geschiebekorns. Auch zeigte sich, dass n für einen und denselben Querschnitt veränderlich ist, und unter sonst gleichen Umständen mit wachsender mittlerer Tiefe zunimmt, sowie wesentlich vom Gefäll in den einzelnen Flussstrecken abhängig ist, s. d. Hannov. Ing.-Zeitung 1885, S. 621, wo dem Factor n überhaupt eine andere Bedeutung als die eines reinen Rauhigkeitscoëfficienten zugeschrieben wird; s. ferner noch die Zeitschrift für Bauwesen 1886, Heft 10—12 und Wochenbl. f. Baukunde, 1886, No. 87 und 89.

Parallelwerke werden bei geringen Wassertiefen und an viel grobes Geschiebe führenden Flüssen, Buhnen besonders bei grossen Wassertiefen und an grösseren Strömen mit sehr schwachem Gefäll ausgeführt. Letztere erschweren bei unrichtiger Anlage die Schifffahrt, sind aber in der Regel billiger in der Unterhaltung als die Parallelwerke. Ausserdem haben die Buhnenbauten den grossen Vortheil, dass bei ihnen die Normaluferlinien nicht von Anfang an, sondern erst nach erfolgter Ausbildung des Flussschlauchs festgesetzt werden müssen. Bei einem Buhnensystem müssen die Köpfe in die Correctionslinie fallen. Die Richtung der Buhnen ist gewöhnlich inclinant, nur bei Fluss- oder Kanalausmündungen declinant, derart, dass der Winkel zwischen Correctionslinie und Buhne ca. 75° beträgt. Die Entfernung der Buhnen unter sich nimmt mit der Breite des Flusses und der Länge der Buhnen zu und ist an concaven Ufern geringer als in convexen, im Mittel = der $1\frac{1}{2}$—$2\frac{1}{2}$ fachen Buhnenlänge.

Der Buhnenkopf erfordert besondere Sorgfalt in der Herstellung; Sicherung des Fusses gegen Unterspülung durch Sinkstücke, Senkfaschinen, ausgedehnte Steinschüttungen. Am besten Steinbeschüttung — auch bei Packwerksbuhnen — meistens bis in Höhe des gew. Sommerniedrigwassers, darüber Pflaster.

Böschungen im Stromprofil recht flach 1:3 bis 1:5; stromabwärts $1:2\frac{1}{2}$ bis 1:4, stromaufwärts steile 1:2 bis 1:1, auch darunter bei reinen Steinbauten.

Höhenlage der Buhnenköpfe 20—30 cm über Sommerniedrigwasser, vom Kopf bis zur Wurzel steigt Buhne 1:50 bis 1:200 an, so dass Wurzelanschluss thunlichst nicht viel (40—60 cm) über M.-W. zu liegen kommt, wegen Weidenanwachsen und Profilverrengungen.

Grundschwellen bilden Fortsetzung der Buhnen unter N.-W., müssen sehr flach (1:20) in das Bett hineinfallen. (Anschluss an Parabelprofil) Sie sichern die Sohlenlage, werden anfangs meistens 0,5—1,0 m unter der anzustrebenden Tiefe in der Schifffahrtsrinne gehalten und event. später erhöht. Anwendung derselben, scheint in letzterer Zeit sich auf mittelgrobe Geschiebe zu beschränken, hängt von Profilgestaltung ab. Nie einzeln, stets gruppenweise — mehrere hintereinander — anzuwenden, ausser bei Ausfüllung plötzlicher Schlauchvertiefungen.

Mit der Aufhöhung der Flusssohle werden dann auch die Grundschwellen erhöht, wodurch die Kosten der eigentlichen Buhnenanlage wesentlich verringert werden. An der mittleren und unteren Elbe werden die Grundschwellen bis auf $1{,}5^{m}$ unter Niedrigwasser heraufgeführt. Ihre Krone erhält nach der Flussmitte zu ein Gefäll von 1:25 bis 1:12. Die Wurzel der Buhnen (am Lande) wird hier gewöhnlich $0{,}6^{m}$ über Mittelwasser (welches 2^{m} über Niederwasser liegt) angelegt, der Buhnenkopf kommt dagegen in Mittelwasserhöhe zu liegen. Am Rhein werden die grossen Tiefen mit Grundschwellen verbaut, deren Krone anfänglich $0{,}5$—$1{,}0^{m}$ unter der Normalsohlenhöhe liegt.

Hierdurch werden die vorhandenen Bänke, welche durch rinnenförmige Baggerungen zum Abtreiben vorgerichtet werden, durch die ihnen alsdann zugerichtete Strömung angegriffen. Bei Braubach beträgt z. B. die Entfernung solcher Grundschwellen ca. 125^{m}.

Ein weiterer Vortheil der Grundschwellen ist die Ablenkung der Fahrrinne von den Ufern nach der Mitte des Stromes und die Ausbildung einer gleichmässigen Tiefe der Fahrrinne.

Bei der Correction der Weser oberhalb Minden wurden die Traversen in Entfernungen von je ca. 50^{m} eingelegt und erhielten dieselben in der Krone 1:25 Gefäll. Die Breite der Krone betrug 2^{m}, die Seitendossirung 1:4. Die Neigung der Buhnenköpfe und der Strom-

Digitized by Google

schwellen vor den Deck- und Parallelwerken, welche einander gegenüber angeordnet wurden, betrug 1:10. Die Traversen schliessen hier an die Kronen der Parallelwerke an. Die abgepflasterten Buhnen, welche auf Grundschwellen ruhen, erhielten hier an der Vorderseite eine einfache Böschung, 1^{m} Kronenbreite und wurden wie die Grundschwellen unter 70^{0} inclinant angelegt. Die Köpfe der letzteren gehen mit 1:10 Neigung herab.

Die Buhnensysteme wurden hier an den convexen Ufern bis auf eine Länge = der Normalflussbreite, in den Concaven bis zur Hälfte dieser Breite von einander angelegt. Die Entfernung zwischen den Grundschwellen betrug ca. 30^{m}. Um schädliche Strömungen zu verhüten, wurden mindestens drei Grundschwellen hintereinander angelegt.

Steinbauten erhalten bei grösserer Stärke im Innern häufig der Kostenersparniss halber einen Kern von grobem Kies. Je mehr die Schüttung der Aussenfläche des Baues sich nähert, desto grösser müssen die eingebrachten Steine sein. Die Böschungen sollten womöglich, namentlich, wo solche starken Strömungen ausgesetzt sind, eine 2fache Anlage erhalten. Der Rücken von Buhnen soll abgerundet und nach erfolgter Setzung der Steinschüttung bis zum niedrigsten Wasserstand abgepflastert werden, in welcher Höhe das Pflaster sich an ein schmales Bankett anlehnt.

In Holland erhalten die Böschungspflasterungen, welche auf eine ca. 20^{cm} starke Lage Klinkerschotter gesetzt werden, an exponirten Stellen 30^{cm} Stärke, in der Regel wird an den so geschützten Dämmen unter dem Schotter noch eine 1,0^{m} starke Lettenlage angebracht.

Faschinen werden am besten von Weiden entnommen und hierzu möglichst gerade Stämmchen und Zweige, deren unteres Ende höchstens 5^{cm} stark sein darf, genommen; ihre Verwendung empfiehlt sich hauptsächlich im Spätherbst und vor dem zweiten Trieb (Juli). Bei Bauten unter Wasser ist auch die Verwendung von Nadelholzfaschinen, welche ihres Harzgehalts und des dichteren Schlusses halber solchen von Eschen-, Erlen- etc. Holz vorzuziehen sind, angezeigt.

Packwerk wird in der Regel aus 2—3fach geneigten, 0,6—1,0^{m} dicken Lagen Faschinen und Wippen, hergestellt, welche schwimmend zusammengesetzt und sodann mit Kies oder Erde beschwert werden.

Die Ausschuss- und Rückschusslage des Packwerks wird durch nicht über 1^{m} von einander entfernte ca. 15^{cm} starke Wippen oder Flechtbänder gehalten, durch welch letztere 1,25—1,5^{m} lange, ca. 6^{cm} starke Buhnenpfähle in Entfernungen von ca. 0,55^{m} geschlagen werden. Der äussere Rand des Werks erhält eine doppelte Wippe. Sobald das Belastungsmaterial aufgebracht und gestampft und dadurch die Packwerksanlage, welche bei niederstem Wasserstand einzubringen ist, unter Wasser kommt, beginnt sofort die Herstellung der nächsten Lage u. s. w. Die Ausdehnung derselben richtet sich nach der Breite und den Böschungen des Baues (Buhne event. auch Parallelwerk), sowie nach der Wassertiefe.

Die Kopflage erhält Steine als Beschwerungsmaterial und Flechtzäune statt Wippen. Buhnenköpfe werden am besten abgepflastert (nachdem sich der ganze Buhnenkörper etwas consolidirt hat) oder mit Spreutlagen bezw. einer Rauhwehr versehen.

Spreutlagen werden aus einer oder aus mehreren zusammen 10—12^{cm} starken Lagen von Faschinenreis, welche mit 10^{cm} starken Wippen gehalten werden, hergestellt. Die Wippen werden in Abständen von 0,6—0,7^{m} aufgebracht und durch in Entfernungen von 0,5—0,6^{m} eingeschlagene ca. 0,8^{m} lange, ca. 6^{cm} starke Pfähle gehalten. Soll die Spreutlage ausschlagen, so wird sie aus Weiden hergestellt und im Trocknen noch mit etwas gutem Boden ca. 15^{cm} hoch bedeckt. Am Fuss der Böschung bezw. am Wasserspiegel wird eine doppelte Wippe eingelegt.

Statt der Wippen werden neuerdings verzinkte Eisendrähte, welche um die gekerbten Pfähle geschlungen und mit diesen eingeschlagen werden, verwendet, da mit diesen Drähten die Pack- bezw. Spreutlagen sehr dicht auf die Böschungen aufgedrückt werden können.

Rauhwehren werden ähnlich aber in mehreren Lagen von Faschinen von zusammen 15^{cm} Stärke hergestellt, wobei die einzelnen Lagen mit Erde bedeckt werden.

Die Flechtzäune werden namentlich zum Schutz gegen Wellenschlag angewendet. Hiebei werden in Entfernungen von 26—30^{cm} Spreut-

lagenpfähle mindestens 40cm tief eingeschlagen, deren Köpfe dürfen nicht über Mittelwasserhöhe hinausragen. Hierauf werden diese Pfähle mit 2—3cm starken Ruthen umflochten. Am Ufer wird die unterste Lage in den Boden unmittelbar eingetrieben, sind die Reihen aber vom Wasser aus einzutreiben, so flicht man die Pfähle 10cm hoch ein und stösst sie auf eine möglichst grosse Strecke möglichst gleichmässig mit Holzgabeln hinunter. Unter Wasser wird bei diesen Zäunen gern noch ein Steinvorwurf angebracht.

Stotzenflechtwerke werden bei kleineren Flüssen häufig angewendet, und je nach der Wassertiefe aus Pfählen von 7—12cm Stärke und aus möglichst langen biegsamen, verschränkt geflochtenen Weiden-, Salweiden-, Erlenzweigen u. dergl. von ca. 2—3cm Durchmesser hergestellt. Diese Flechtwerke sollen in der Regel in der Richtung der Böschung angelegt, die Pfähle also schief eingeschlagen werden, wozu man sich grosser eiserner oder auch hölzerner Schlegel bedient Die Entfernung der Pfähle richtet sich nach der Beschaffenheit und Stärke der Zweige und wechselt zwischen 40 und 60cm.

Senkfaschinen erhalten gewöhnlich eine Länge von 3,5—6m bei einem Durchmesser von 60—120cm, ferner einen Kern von Kies oder Steinen und Eisendrahtbänder; dieselben werden schräg zur Stromrichtung versenkt. Die Senkfaschinen werden mittelst Würgeketten zusammengeschnürt und sodann mit 3mm starkem Draht oder mindestens 15mm starken langen Weidenruthen gebunden.

Senkstücke werden da, wo Ebbe und Fluth auftritt, gewöhnlich zur Herstellung von Buhnen verwendet. Dieselben bestehen aus 1—2m dicken, im Maximum 20m langen und 10m breiten Lagen von Faschinen, welche durch Steine beschwert werden. Die Senkstücke werden auf der unteren und oberen Seite durch kreuzweise, in Entfernungen von ca. 0,8—0,9m gelegte Wippen zusammengehalten, indem Wippenpfähle durch die Kreuzungspunkte und die ganze Faschinenlage durchgeschlagen und mit Eisendraht oder Leinen daselbst befestigt werden. Ausserdem finden sie Anwendung zur Ausfüllung tiefer Kolke oder als unterste Lage bei Buhnenköpfen und Coupirungen. Ihre Versenkung geschieht vom Ufer oder von Gerüsten aus, von welchen sie mittelst untergebrachter Walzen ablaufen.

Bei der von Wolf an der Isar erstmals angewendeten Bauweise zur Regelung der Bewegung und Ablagerung der Sinkstoffe werden schwimmende, aus einer Anzahl Faschinen zusammengesetzte Baukörper (Gehänge) an in den Fluss eingerammten Pfählen derart befestigt, dass sie je nach der Strömung mehr oder weniger geneigt über der Sohle des Flusses schweben (s. Zeitschr. f. Bauw. 1886, S. 516 u. f.). Die Faschinen werden mittelst Draht an Stangen befestigt und hierdurch zu einem Baukörper verbunden, über und unter sowie zwischen welchen das Wasser noch abfliessen kann. Je nach Bedarf werden sie 2—5 und mehr Meter lang und = einer Faschinenlänge breit. An in dem Fluss eingerammte Pfähle werden diese Gehänge mittelst Stangen und Draht gewöhnlich in Niedrigwasserhöhe im Wasser schwebend festgehalten. Dadurch entstehen örtliche Stauungen vor den Gehängen und vor denselben Vertiefungen und Querschnittserweiterungen, hinter denselben aber Geschwindigkeitsverminderungen und Sinkstoffablagerungen. Je nach ihrer Stellung zur Baulinie unterscheidet man Längs-, Schräg- und Quergehänge. Die deklinant gerichteten Schräggehänge wirken am kräftigsten auf eine Kiesablagerung hinter sich und eine Vertiefung des Flussschlauches vor sich, können also als deklinante Buhnen betrachtet werden. Solche Gehänge gewähren also auch, und zwar mit geringen Mitteln Schutz gegen Uferabbrüche.

Die mit ca. 1 kg schweren Eisenschuhen versehenen Pfähle werden mittelst eines mind. 135 kg schweren Rammklotzes 3—4m tief in die Sohle eingetrieben und 3m vor die Baulinie gesetzt. Der Abstand der Pfähle in der Längsrichtung beträgt gew. 2,5m. Die Gehänge werden anfänglich so eingebracht, dass je 5m lange Gehänge und ebenso weite Oeffnungen wechseln. Mit der fortschreitenden Verlandung hinter den Gehängen werden die Oeffnungen nach und nach ebenfalls verhängt, derart, dass z. B. auf je 15m Gehänge 5m Oeffnung kommen. Die Herstellung der Gehänge auf etwa 5,5m langen, 6—12cm dicken Stangenabschnitten erfolgt von Schiffen aus, wobei die am Kopf und in der Mitte mit Draht No. 16 festgebundenen Faschinen auf die Stange aufgeschoben und mittelst Draht auf letzterer festgebunden werden

Digitized by Google

Die Festhaltung der Gehänge in bestimmter Höhe über dem Boden geschieht durch in die Pfähle geschlagene Holz- oder Eisennägel und dreimal geseilte Drähte No. 16. Bei annähernd mit der Baulinie gleichlaufender Strömung genügt eine Pfahlreihe, bei Querströmungen wird in einer Entfernung von 2^m eine zweite gegen die vordere versteifte Pfahlreihe angebracht. Zur Verstärkung der Wirkung der Gehänge wird auf die Gehänge ihrer ganzen Länge nach eine $0{,}3^m$ dicke Faschine oder mit Faschinenholz umwickelte Stange aufgelegt.

Wo Beschädigungen durch Eisgänge zu befürchten sind, müssen die Gehänge unter N.-W.-Spiegel gelegt und auch die Pfähle auf dieses Maass abgeschnitten werden. Wenn Verlandungen unter den Gehängen eingetreten sind, so senkt man die Gehänge durch Beschwerung mit Steinen auf die Kiesböschung herab. Im Anschluss hieran wird auch ein benachbarter Streifen der Kiesbank noch durch eine Weidenfaschinenlage mit darauf genagelten Wippen gegen ein Abtreiben geschützt. Die Versenkung der schwebenden Gehänge erfolgt hierbei in Längen von $5—10^m$.

Die Holländischen „Zinkstucke", welche in einer Breite von ca. $6{,}0^m$ angefertigt werden, bestehen aus zwei Lagen eines Wippennetzes (wobei die 12^{cm} starken Wippen sich alle $0{,}9^m$ überkreuzen), zwischen welche 3 Lagen Faschinen von zusammen 45^{cm} Stärke eingebracht werden. Die Wippenkreuzungspunkte beider Netze werden mit getheerten Stricken verbunden. In die Kreuzungspunkte des oberen Netzes werden sodann ca. 6^{cm} starke Pfähle eingeschlagen, solche durch Flechtwerk verbunden, wodurch das Zinkstuck versteift und zugleich die Fächer zur Aufnahme der Steinschüttung gebildet werden. Die Beschwerung der von Schiffen aus versenkten Zinkstucke beträgt bis zu 130 k pro qm. Die ganze Stärke des Stucks beträgt ca. 75^{cm} und betragen die Kosten daselbst pro qm ca. 2 Mk. 20 Pf. (der Arbeitslohn ca. 30 Pf.), incl. Steinballast ca. 4 Mk. 25 Pf. 20 geübte Männer können in einem Tag 1 Zinkstuck von 60^m Länge und 18^m Breite herstellen und in der Zeit von ca. 2 Stunden versenken.

Senkwellen werden kreisrund aus Faschinen und Kies angefertigt und mit Eisendrahtbändern in Entfernungen von ca. $0{,}3^m$ nach Zusammenpressung der Wurst durch einen Würgel zusammengehalten. Bei einer Stärke von mehr als $0{,}8^m$ erhalten die Wellen noch ein bis zwei Reisigzwischenlagen. Die Wellen werden ohne Ende dargestellt und vom Ufer oder von Gerüsten aus versenkt; auf dem oberen Ende muss die Welle in das Ufer hereingezogen oder durch Pfähle festgehalten werden, um ein Hinausreissen der ganzen Welle durch die Strömung zu verhüten.

Die Sicherung der Ufer von sehr langsam fliessenden und an den Ufern nicht über $0{,}7^m$ tiefen Flüssen kann auch durch Anpflanzung von Schilfrohr bewerkstelligt werden, welches sich bei Hochwasser umlegt und dadurch den Boden gegen das Wegspülen schützt. Zu diesem Behufe werden reife Rohrsamenbüschel im November zerhackt, in Lehm getreten und sodann letzterer in Ballen zertheilt, welche den Winter über an einem trockenen Ort aufzubewahren sind. Im Frühjahr werden dann diese Ballen an die zu schützenden Stellen in's Wasser gebracht. Auf diese Weise werden auch Schilfculturen in abgestochenen Mooren ausgeführt.

Ein anderes Mittel besteht darin, die Schilfrohre in Ballen auszuheben, letztere mit starken Rasen zu umhüllen und zusammenzubinden, worauf erst das Versenken stattfindet.

Uferschutzbauten (Deckwerke).

Uferböschungen an Flüssen sind thunlichst flach zu halten, in Mergel und dergleichen Boden mindestens $1^1/_4$fach, in lehmigem Boden ca. $1^1/_2$fach, in sandigem Boden 2—3fach. Die Sicherung der Böschungen geschieht in Niederwasserhöhe gewöhnlich mit einigen Lagen Kopfrasen event. auch mit einer Weidenspreutlage, über Mittelwasserhöhe mit Flachrasen; unter Wasser werden Faschinen, Senkwellen oder Steinwürfe von (namentlich auf der Aussenseite) grossen Steinen angebracht. Soweit die Ufer durch Flösse oder Eisgänge beschädigt werden können, ferner an Flüssen mit starker Strömung sowie gegen Wellenschlag sind Pflasterungen als Uferschutz zu empfehlen. Das Pflaster erhält hierbei eine Unterlage von Steinschutt oder grobem Kies und als Fuss

Digitized by Google

entweder eine Steinschüttung (oft mit 1 Berme in Niederwasserhöhe) oder eine Holzschwelle von ca. $^{17}/_{20}{}^{cm}$ Stärke oder in die Flusssohle eingegrabene grosse Pflasteransatzsteine. In manchen Fällen empfiehlt es sich, das Pflaster gegen eine (bis unter Niederwasser getriebene) Spuntwand oder gegen eine Wand von Halbhölzern, vor welche Pfähle gerammt werden, zu lehnen. Gegen starke Strömungen mit Eisgang empfiehlt sich eine 1—2fache, gegen Wellenschlag eine 3—4fache, bei Kanälen und Flusshäfen eine ca. 1fache Anlage der Pflasterung. Bei Hafenbauten kommen vorzugsweise Pflasterungen, Stützmauern und Bohlwerke in Anwendung.

Materialbedarf und Preise von Flussbauten.

Die Anfertigung von Faschinen, je $3{,}0^m$ lang und $0{,}3^m$ stark, erfordert je nach der Beschaffenheit des Reisigs und der Zugänglichkeit der Gewinnungsstelle 0,01—0,02 t pro Stück. Zwei Pferde sind zur Abfuhr von 70—80 Faschinen erforderlich.

Das Hundert Faschinen entspricht ca. 15—20 cbm und kostet bei einer Entfernung von ca. 5—7 km zwischen Gewinnungs- und Baustelle durchschnittlich 14—18 Mk.

1 cbm Packwerk erfordert ca. 9 Faschinen mit zus. 1,25 cbm, $3{,}5^m$ Wippen incl. Draht à 10 Pf., 7 Pfähle $0{,}85^m$ lang und $0{,}06^m$ stark à 3 Pf. und 0,35 cbm Erde oder Kies bezw. 0,23 cbm Steine. Die Handarbeit erfordert ca. 0,4 t. Das Beschwerungsmaterial nimmt etwa $^1/_3$ des kubischen Gehalts der Faschine ein. (Von den Faschinen wird auch das Material zu den Wippen genommen.)

Ueber Baggerarbeiten, s. Capitel „Gründungen".

1 cbm Senkfaschinen erfordert 1,0—1,25 cbm Faschinen (incl Bindeweiden), ca. 0,5 k Draht, 0,25—0,4 cbm Füllmaterial.

1 cbm Senkstück erfordert ca. 1,15—1,35 cbm Faschinen (incl. Wippen, wovon ungefähr 0,2 cbm bezw. $6—7^m$ erforderlich werden), ca. 4 Pfähle, $4—5^m$ Leinen bezw. $4—5^m$ Eisendraht, 0,2 cbm Steine und 20—25 Stück Bindweiden. Arbeitslohn incl. Versenkung pro cbm ca. 50 Pf., Zuschlag für Geschirr etc. 50 Pf., zusammen also 1 Mark.

Der zur Verwendung kommende Draht muss geglüht werden. Zum Binden von Faschinen wird Draht von $1—2^{mm}$ Stärke, zur Herstellung von Senkwellen und Senkfaschinen Draht von 3^{mm} Stärke verwendet.

Der Preis von 3^{mm} Draht beträgt bei grösseren Lieferungen durchschnittlich 15 Mk. loco Werk; durchschnittlich kommt dieser Draht loco Arbeitsstelle auf 20—25 Mk. zu stehen.

Materialbedarf der Senkwellen pro 10^m Länge.

Stärke in Metern.	Faschinenbedarf in cbm. (Nadelholzreisig.)	Kiesbedarf in cbm.	Gewicht des verwendeten Drahts in Kgr.	Arbeitsaufwand in t. (bei ca. 10^m Entfernung des Materials von der Arbeitsstelle.)
0,4—0,5	4,2	1,2	2,25—2,5	ca. 1,3 t
0,5—0,6	5	1,6	3,25	
0,6—0,7	6,2	1,9	4,5	1,6 t
0,7—0,8	6,5	2,6	4,8	
0,8—0,9	7,5	2,8	5,25	1,8 t
1,0	8,2	2,9	6,5	

Die beiden letzteren Wellen erhalten noch Zwischenlagen von Faschinen. Bei Verwendung von Weidenfaschinen erhöht sich der Faschinenbedarf um 15 %, während der Kiesbedarf um einen gleichen Betrag sinkt.

Werden die Wellen auf Gerüsten angefertigt, so erhöht sich der Arbeitsaufwand um 0,3 t. Das Einlegen von $0{,}8^m$ starken Wellen in den Fluss erfordert ca. 0,8 t.

Spreutlage pro qm bedarf 1½ bezw. 0,05—0,1 cbm grüne Faschinen 3 Hakenpfähle, $1{,}8—2{,}8^m$ Wippen und 0,15 cbm Deckerde; 1 qm Rauhwehr ca. 2 Faschinen, 4 Pfähle, 4 Hakenpfähle und Bindeweiden*).

Der Materialbedarf der Flechtzäune wechselt mit ihrer Höhe. Bei $0{,}25^m$ Höhe sind 0,1 cbm Faschinen und 3,5 Stück Pfähle erforderlich. Der Arbeitslohn beträgt 0,09 t pro Meter.

*) Statt der Hakenpfähle werden besser schräg gestellte Pfähle verwendet.

Digitized by Google

Die Anfertigung von 1 qm Spreutlage erfordert ca. . . . . 0,06 t,
« « « 1 « Rauhwehr « « . . . . . 0,06 t,
« « « 1 « pflasterartige Versteinung von Dammkronen erfordert ca. . . 0,17 t,
« « « 10 « Wippen erfordert . . . . . 0,05 t.

1 qm Stotzenflechtwerk erfordert zum Schlagen der Pfähle und zum Flechten des Zauns mit 2—3^{cm} starken Zweigen ca. $^1/_7$ t.

Kosten der Wolf'schen Gehängbauten nach den an der Isar gemachten Erfahrungen: 1 Pfahl von Fichtenholz, 6^m lg., 18/25^{cm} st., 1,5—2 Mk. pro Meter; 1 Glockenschuh, 1 kg schwer, 0,4—0,5 Mk.; Einrammen des Pfahls 1,8—2 Mk.; Fichtenstange, 8—10^{cm} st., 5—6 Pf. pro Meter; 1^m Gehänge erfordert 4—5 Faschinen zum Preise von 0,8—1,0 Mk. im Ganzen, die Herstellung pro Meter kostet 0,4—0,5 Mk. Der Meter Bau kostet, je nachdem man 1 oder 2 Pfahlreihen anordnet, 3—6 Mk., bei sehr starkem Stromangriff 8 Mk.

Zur Herstellung von 1 cbm Steinschüttung sind ca. 1,25 cbm Bruchsteine erforderlich.

1 qm polygonales Böschungspflaster aus möglichst grossen, 20—25^{cm} starken Sand- oder Kalkbruch-Steinen, welche mit dem Hammer noch etwas nachgearbeitet werden müssen, erfordert bei den Bauten am Oberrhein 0,30 cbm Bruchsteine, 0,2 cbm Kies zur Unterlage, 0,13 Pflästerers- und 0,05 Handlangerstagschichten. Für Geschirr und Aufsichtskosten sind 10% zuzuschlagen. Sollen die Pflastersteine dagegen in regelmässigen, auf die schmale Kante gestellten Schichten von 15—20^{cm} Breite 20—30^{cm} stark, mit dem Hammer zugerichtet, versetzt werden, so sind ca. 0,4 cbm Bruchsteine, 0,3 + 0,15 = 0,45 (Richten + Versetzen) Pflästererstagschichten und 0,1 Handlangerstagschichten erforderlich. Bei Pflasterung auf Faschinaden sind ausserdem noch pro qm ca. 5 Pfähle erforderlich.

Bei der Entnahme von Kies aus Kiesbänken oder aus seitlichen Kiesgewinnungsplätzen müssen die gewöhnlichen Transportpreise um ca. 20% da erhöht werden, wo der Schifftransport mittelst Nachen von 2—2,25 cbm Fassungsraum an die Stelle der sonst üblichen Transportweisen tritt. Die Bewegung der Nachen erfolgt meistens durch Menschenhand, da die Verwendung von Pferden durch lokale Verhältnisse und durch die geringere Geschwindigkeit des Transports bei Thalfahrten beschränkt wird.

Deichbauten.

Die sog. Winterdeiche werden zum Schutz gegen die vorkommenden grössten Hochwasser, die sog. Sommerdeiche nur zur Abhaltung mittlerer, fast alljährlich wiederkehrender Hochwasser errichtet. Die Winterdeiche verhindern das Verlanden und die Erhöhung des Inundationsgebiets durch die vom Hochwasser mitgeführten Sinkstoffe und bewirken an manchen Orten durch Abhaltung des Wassers selbst eine Senkung des Terrains. Die Entwässerung des durch die Winterdeiche abgeschlossenen Landes wird sehr kostspielig, da hierbei das Wasser in der Regel gehoben werden muss, ausserdem verursacht die fortwährende Erhöhung und Verstärkung der Deiche und der Deichschutz sehr bedeutende Kosten.

Die Deiche sind auf festem Boden zu errichten und in flüssigen Linien ohne schroffe Verengungen oder Erweiterungen anzulegen. Bei Flüssen sollen die grössten Hochwasser ohne schädliche Stauung zwischen ihnen abgeführt werden. Durch ein genügend breites Vorland sind die Deiche gegen Unterspülungen zu sichern.

Gräben dürfen nicht unmittelbar neben dem Deichfuss angelegt werden, sondern sind je nach der Festigkeit des Bodens 2—3^m von letzterem entfernt zu halten. Die Höhe der Winterdeiche an Flüssen ist mit Rücksicht auf etwaige, durch Eisstopfungen bedingte Wasseranschwellungen zu bestimmen. In der Regel reicht die Deichkrone 0,6—0,8^m über den höchsten Hochwasserstand, bei Sommerdeichen nur ca. 0,3^m über den festgesetzten Wasserstand, in dessen Höhe an geeigneten Stellen breite Ueberfälle aus Stein oder Holz angebracht werden.

Die Kronen-Breite der Deiche beträgt bei Winterdeichen ca. 2—3^m, bei Sommerdeichen 1,0—1,5^m. Soll die Deichkrone auch zum Fahren benutzt werden, so erhält dieselbe mindestens 5,0^m Breite.

Bankette werden auf der inneren Seite zugleich als Fahrwege angelegt.

Die Böschungen werden bei Winterdeichen an Flüssen auf der Aussenseite je nach der Beschaffenheit des angeschütteten Materials, der Stärke der Strömung und des Wellenschlags 2—4fach (an der See noch flacher), auf der inneren Seite dagegen nur 1½—2fach angelegt. Sommerdeiche erhalten beiderseitig 2—3fache Böschungen. Ueberfahrten über die Dämme erhalten 2,5—3,0^{m} Breite. Werden an deren Stellen Durchfahrten angeordnet, so sind solche aus Mauerwerk herzustellen und durch doppelte Dammbalken oder Drehthüren zu schliessen. Die Böschungen werden in der Regel mit Rasen verkleidet oder wie bei den übrigen Uferbauten mit Steinwurf und Pflasterungen, bei interimistischen Ausbesserungen auch durch sog. Strohstickung (von ca. 10^{cm} Stärke), ferner durch Vorwerfen von Sandsäcken, durch Faschinen u. s. w. geschützt.

Zu Deichbauten dürfen torfhaltige Erden oder reiner Sand nicht verwendet werden. Sandige Erden sind dann hierzu untauglich, wenn sie dem Wellenschlag oder abspülenden Strömungen unmittelbar ausgesetzt sind.

Die Winter- (Bann-) und Sommerdeiche am Niederrhein werden meist aus in der Regel aus dem Vorland entnommenen Lehm- und fettem Klaiboden hergestellt. Muss der Boden aus dem Binnenland entnommen werden, so ist die Erde so weit als thunlich vom Deich entfernt zu gewinnen, mindestens aber in einer Entfernung von 12^{m} vom inneren Deichfuss, zur Vermeidung von Quellbildungen darf die Ausschachtung alsdann nur eine geringe Tiefe erhalten. Bei Herstellung der Dämme ist in Lagen von 25—30^{cm} Höhe derart zu schütten, dass die Lagen nach der Stromseite eine 1:4fache Neigung erhalten. Durch Befahren und Stampfen mit hölzernen Handrammen, durch öfteres Verlegen der Dielbahnen, namentlich aber durch Hinübertreiben von Pferden wird die Comprimirung (im letzteren Fall auch eine gute Verbindung der Lagen unter sich) bewerkstelligt. Bei Schüttungen auf sandigem Untergrund wird zur Verhütung von Quellungen ein 2,5^{m} breiter Graben bis zum Klaiboden herab ausgehoben und mit solchem (gestampftem) Boden wieder aufgefüllt, worauf erst die eigentliche Dammschüttung beginnt. Bei Dammverstärkungen ist der Boden ebenfalls in Lagen von unten herauf und auf die ganze Breite anzuschütten und wie oben angegeben zu comprimiren.

Alle Hecken, Sträuche, Bäume sind mit den Wurzeln aus dem Dammkörper zu entfernen, weil sie die Berasung verhindern, das Austrocknen erschweren, Höhlungen verursachen, die Mäuse heranziehen u. s. w.; dagegen sind die Böschungen mit einem dichten, kräftigen Rasen zu bekleiden, welcher Ueberfluthungen am besten widersteht. Es sollen daher auch die Dammkronen nicht als Wege verwendet werden, da durch Gleisebildungen und durch den Wandel der Menschen und Thiere Beschädigungen der Dammkörper unvermeidlich sind.

Die Dämme erhalten in der Regel aussen eine 4fache, innen eine 3fache Anlage, bei Verwendung von sandigem Boden wird die Aussenböschung 6fach angelegt; wo Dammüberfluthungen zu gewärtigen sind oder wenn auch auf der Innenseite bei Binnenwasser ein starker Wellenschlag zu befürchten ist, werden auch die Innenböschungen mindestens 6fach dossirt. Die Krone der Winterdeiche soll 3,8^{m} breit sein und an der inneren Kante um 0,3^{m} höher als die Aussenkante liegen. Dieselbe muss mit dem besten vorhandenen Boden bedeckt werden. Die Höhe dieser Deiche soll die höchste eisfreie Fluth um 0,3^{m} überragen. Gegen Eisstopfungen ist durch Aufkadung (Aufwurf kleiner Erddämme auf den Kronen) Vorkehrung zu treffen.

Das Längengefäll der Banndeichkronen bestimmt sich aus den Wasserspiegelständen an den Gefällswechseln bei hohen Wasserständen und aus den Projectionen der ersteren auf die Deichlinie.

Wo Strassen die Deiche kreuzen, werden zuweilen behufs Vermeidung von Rampenanlagen und Contresteigungen Durchfahrten (Wasserthore) angebracht, welche bei Hochwasser durch 2 Reihen Dammbalken, zwischen welche Dünger oder Klaiboden eingestampft wird, geschlossen werden.

Winter-(Bann-)Deiche sind überall da zu vermeiden, wo die Sohle der Flüsse sich stetig erhöht und dadurch das nieder gelegene Binnenland seine natürliche Entwässerung verliert. In solchen Fällen sind daher nur Sommerdeiche anzulegen, welche eine Erhöhung des im Inundationsgebiet gelegenen Landes durch den vom Hochwasser mitgeführten Schlick ermöglichen.

Die Sommerdeiche werden am Niederrhein wie die Banndeiche hergestellt. Die Aussenböschung wird 4fach, die Innenböschung

Digitized by Google

wegen der grösseren Sicherheit beim Ueberfluthen öfach angelegt. Auf höher gelegenem Terrain, wo das Ueberfluthen keinen Schaden anrichten kann, werden dann die Ueberläufe zum Einlassen des Hochwassers und zur rascheren Ausgleichung der beiderseitigen Wasserstände angelegt und wird die rückseitige Böschung hier noch flacher gemacht. Die Kronenbreite beträgt gewöhnlich (je nach der Höhe) 1,25^{m}—2,5^{m}. Die Höhe der Deiche hängt von dem Abfluss des Hochwassers ab, welcher möglichst wenig behindert werden soll.

In den Banndeichen sind Entwässerungs-, in den Sommerdeichen Bewässerungsschleusen (um auch bei niedrigen, die Deichkrone nicht überragenden Wasserständen die Sommerpolder mit Rheinschlick düngen zu können) anzulegen. Die ersteren sollen sich bei sinkendem Aussenwasserstand selbstthätig öffnen können. Die Drempel sind 0,3^{m} tiefer als die Sohle der zugehörigen Hauptentwässerungsgräben zu legen; diese Schleusen sind mit Stemmthoren und Dammbalkennuten zu versehen. Wo ein höherer Wasserstand sowohl im Unter- als auch im Oberkanal auftreten kann, sind 4 Thorpaare erforderlich. Bei kleineren Sommerdeichschleusen wird, da eine Unterspülung hier nicht zu befürchten ist, in der Regel von einer künstlichen Fundirung abgesehen.

Die Bewässerung der Sommerpolder dauert vom November bis März. In der übrigen Zeit werden die Schleusen durch doppelte Dammbalken und dazwischen eingestampfte Erde geschlossen, eventuell werden mehrere mit Zahnrad und Zahnstange bewegte Schützen zum Schliessen verwendet.

Zum Zweck der Deichbewachung müssen Faschinen, Stroh, Draht und Pfähle vorräthig sein, um die Wirkungen des Wellenschlags von Durchquellungen und von Senkungen rechtzeitig abwenden zu können. Gegen Abspülungen durch Wellenschlag dienen mit Pfählen befestigte Stroh- und Faschinenwippen. Quellungen werden durch Nachgrabungen, durch Verstopfung mit Stroh und Erde und mittelst Beschwerung durch erdige Materialien beseitigt. Senkungen sollen durch Aufbringen von Erde, Faschinen und Stroh möglichst unschädlich gemacht werden. Bei abnorm hohen Wasserständen werden endlich die Dämme durch niedrige Dämmchen, sogen. Kaden, welche auf die Kronen aufgesetzt werden, geschützt.

Fischwege

erhalten verschiedene Constructionen, je nachdem sie zum Aufstieg der Salmoniden (Lachse, Forellen, Aeschen u. dergl.) oder der Aale zu dienen haben. Als Stelle des Aufstiegs der Salmoniden darf in der Regel nur diejenige Stelle gewählt werden, woselbst sich im Flussbett die tiefste Auskolkung und wo sich zugleich eine kräftige, von den Fischen ohne Beschwerde zu überwindende Strömung befindet, also gewöhnlich neben den Schleusen, Flossgassen u. dergl.; bei solchen schiefen Wehren, welchen letztere Anlagen fehlen, meistens an der Stelle, woselbst Wehrfuss und Ufer einen spitzen Winkel bilden. Sonst wird in der Regel der Stromstrich zu der richtigen Stelle des Aufstiegs hinführen, zuweilen kann es sich auch empfehlen, besondere Einbauten (Zeilen u. dergl.) zu diesem Zwecke anzulegen*). Fischwege für Salmoniden sollten schon bei Höhenunterschieden zwischen Ober- und Unterwasser von 0,8^{m} angelegt werden. An den Stellen, wo Fischwege über höhere Wehre oder Abstürze zu führen sind, empfiehlt sich entweder deren Zerlegung in mehrere kleinere von nicht über 0,4^{m} Höhenunterschied (Fischtreppen) oder die Anlage geneigter Ebenen im Fluss, worin jedoch die Strömung nicht zu heftig sein darf (Fischpässe). Die früher üblichen, nach dem sog. Running-System angelegten Fischwege haben sich nicht bewährt. Bei diesem System treten aus den meist gemauerten Seitenwandungen auf beiden Seiten steinerne Sprossen derart hervor, dass sich einzelne Kammern bilden, welche das Wasser in Serpentinen durchfliesst. Die Steigung der Treppe in der serpentinirenden Mittellinie der Kammern beträgt 1:6—1:8, die Länge der letzteren 1,2^{m}—1,5^{m}, ihre Breite ca. 1,3^{m}—1,5^{m}. Da die Strömung hierbei meistens eine zu starke ist, die Fische also durch Springen von Kammer zu Kammer zu gelangen suchen, hier aber nicht überall eine genügende Wassertiefe vorfinden und sich daher aufschlagen, so ist man neuerdings

*) S. auch H. Keller: „Die Anlage von Fischwegen", Berlin, Verlag von Ernst & Korn.

fast allgemein zu dem sog. Cascadensystem übergegangen, bei welchem mehrere mit Wasser gefüllte Behälter derart übereinander angelegt werden, dass die Fische beim Ueberspringen der — des leichteren Aufstiegs kleinerer Fische halber — nur ca. 25^{cm} hohen Absätze nirgends anstossen können und überall eine Wassertiefe von ca. 0,6^{m} noch vorfinden. Die Sperrbretter oder Sprossen erhalten behufs Erzielung einer genügenden Spülung meist kreissegmentförmige Ausschnitte. Die Lachswege erhalten gewöhnlich eine Steigung von 1 : 10—1 : 8, die Breite der Bassins soll nicht unter 0,8^{m} betragen, die Länge 2,5—3^{m}, die Tiefe ca. 0,6^{m}—0,8^{m} bei 0,3^{m} hohen Absätzen. Bei Lachswegen, woselbst der Fisch wegen wechselnder Lage der Schlupflöcher im Zickzack aufsteigen muss, darf die Breite nicht unter 1,6^{m} heruntergehen. Der Boden der Bassins kann eben oder geneigt sein, in letzterem Fall ist der Fischweg leichter zu reinigen. Der oberste Behälter enthält einen ca. 0,3^{m} breiten und hohen Schützen für die Regulirung des Wasserzuflusses.

Bei dem Müller'schen Fischweg erhalten die Sperrbretter abwechselnd Schlupflöcher auf der unteren und Ausschnitte auf der oberen Seite derart, dass die Fische in Folge der hiedurch herbeigeführten geringeren Abflussgeschwindigkeit den ganzen Fischweg durchschwimmen können. Der Wasserverbrauch wächst jedoch hiebei bis zu 8—10 l in der Sekunde.

Die Sohle der Ein- und Ausmündung darf nicht höher als 0,3^{m} unter den niedrigsten Wasserständen während der Wanderzeit liegen.

Da wo aus den Sperrbrettern Lücken ausgeschnitten werden, um den Fischen das Durchschlüpfen zu gestatten, macht man die Lücken mind. 0,3^{m} breit. Die Stärke der über die Oberkante der Bretter strömenden Wasserschichte soll bei Lachsleitern womöglich nicht unter 0,3^{m} betragen.

Bei Forellenwegen muss die Länge der einzelnen Behälter mind. 0,9^{m}, die Breite 0,6^{m}, ihre Tiefe mind. 0,3^{m} und darf die Steigung nicht mehr als 1 : 4, die Höhendifferenz derselben nicht über 0,25^{m} betragen.

Die Salmoniden sollen ohne zu springen in die unterste Kammer direct einschlüpfen und ebenso von der obersten aus direct in das Oberwasser gelangen können.

Die Aale lieben meistens längst dem Ufer hin und entlang den seichten Stellen zu wandern und vermeiden jede starke Strömung. Diejenigen Aalwege, in welchen sich eine mit 1 : 5—1 : 8 ansteigende feuchte, mit Moos überzogene, zwischen Holzleisten eingestellte Kiesschichte, welche auch in Cementmörtel versetzt werden kann, als Sohle befindet, werden gerne angenommen, hauptsächlich von der sog. Aalbrut. Das untere Ende der meist nur 15—20^{cm} breiten, 10^{cm} hohen Aalwege wird auf ca. 0,6^{m} verbreitert und werden die Aale durch eingelegte Dielen dem Aufstieg zugeführt. Das obere Ende des Wegs wird am besten aus Holz gemacht und mit einem Charnier versehen nur so weit in's Oberwasser eingetaucht, dass ein durch ein vorgelegtes Filzstück oder durch eine mit schmalen Kerben versehene Holzleiste noch weiter gemässigter schwacher Eintritt des Wassers stattfindet und die Aale noch bequem in's Oberwasser gelangen können. Auch mittelst einer Art Pissoirspülröhre kann die erforderliche schwache Anfeuchtung der Sohle der Aalleiter bewirkt werden. Hierbei muss die Röhre durch rückwärts gekehrte Seiher gegen Verstopfungen verwahrt werden. Die Aalwegrinne erhält so viele einige cm hohe Absätze oder Wülste, dass in ihr nur eine schwache Strömung noch stattfinden kann. Die obere und die untere in's Wasser tauchende Mündung wird durch unterlegte luftleere Blechgefässe schwimmend erhalten.

Wo überflüssiges Wasser zur Verfügung steht, werden in die Wehrsohlen ausserdem noch Röhren von 15—20^{cm} Lichtweite angelegt, welche von den von oben nach unten wendenden Fischen durchschwommen werden können.

Kanalisirung von Flüssen und Anlage von Schifffahrtskanälen.

Durch die Kanalisirung von Flüssen oder durch die Anlage von Schifffahrtskanälen soll dem Bedürfniss, Massengüter zu befördern, Rechnung getragen werden. Die der Anlage der Kanäle und Schleusen zu Grunde zu legenden Dimensionen richten sich nach der Beschaffenheit und nach dem Umfang des zu erwartenden Verkehrs, bezw. nach den Bedürfnissen des Handels und nach der Grösse der Bau- und Unter-

Digitized by Google

haltungskosten. Hiervon hängt denn auch die Grösse der Schiffsgefäses und ihr Tiefgang ab.

Schmale Kanäle für Schiffe mit grösserem Tiefgang sind billiger herzustellen als breite und seichte. Die Kanalschiffe haben daher in der Regel einen grösseren Tiefgang als die auf den Binnenflüssen verkehrenden Schiffe, welche wegen der in trockenen Zeiten oft geringen Wassertiefe in den Flüssen und wegen der in letzteren vorhandenen Kiesbänke meistens für eine geringere Eintauchung construirt werden müssen.

Wo Schiffe von einem kanalisirten Fluss auf einen Kanal übergehen sollen, sind die Dimensionen der Bauwerke den Dimensionen der Flussschiffe anzupassen, während umgekehrt die tiefer eintauchenden Kanalschiffe bei genügend tiefem Wasserstand die kanalisirten Flüsse befahren können.

Wenn Kanäle, welche dem durchgehenden Verkehr zwischen zwei Hauptverkehrspunkten dienen, nur schwierig oder mit grossen Umwegen, welche nicht ohnehin behufs Vermeidung von Schleusenanlagen erforderlich wären, an grösseren Orten vorbeigeführt werden können, so sind Seitenkanäle nach diesen Orten anzulegen.

Da wo Dampfmaschinen zur Fortbewegung der Schiffe bezw. ganzer Schiffszüge verwendet werden sollen, ist auf Herstellung möglichst langer Haltungen und auf thunlichste Verringerung der Schleusen Bedacht zu nehmen.

Kanalhaltungen müssen zu ihrer Entlastung an geeigneten Stellen mit breiten Ueberreichen (deren Krone in der Normalwasserspiegelhöhe liegen soll), sowie mit Grundablässen versehen werden.

Wasserläufe, welche einen Kanal kreuzen, dürfen nicht durch letzteren, sondern müssen über oder unter dem Kanal durch (eventuell einen mit Schlammfang versehenen) Düker geführt werden. Solche Wasserleitungen müssen die grössten ihnen zufliessenden Wassermengen ohne Aufenthalt abzuleiten im Stande sein.

Da die Durchschleusung mit erheblichem Zeit- und Wasserverlust verknüpft ist, so wird oft behufs Umgehung einer Schleusenanlage der Kanal bis zu 3 km verlängert.

Das Füllen und Entleeren einer Schleuse soll je nicht über 5 Minuten in Anspruch nehmen.

Winterhäfen sind nach Bedarf anzulegen, bei Strombauten ist hierauf Bedacht zu nehmen.

Silo's und Lagerhäuser sollen an den Umschlagorten mit thunlichst geringen Kosten hergestellt werden können.

Die erforderliche Zugkraft auf Schifffahrtskanälen ist $= \frac{1}{1500}$ der Bruttolast anzunehmen. Bei Verwendung von Pferden wird auf offener Strecke pro Stunde durchschnittlich ein Weg von 3—3,25 km zurückgelegt, bei Dampfschleppern ca. 6—7 km.

Bei grösserer Geschwindigkeit als von 2^m pro Secunde lassen sich Schiffe in Kanälen nicht mehr mit der nöthigen Sicherheit steuern.

Bei einer Stromgeschwindigkeit von $1{,}0^m$ kann Schifffahrtsbetrieb mit Leinenzug (Treidelschifffahrt) noch lohnend betrieben werden.

Die Dampfschifffahrt lässt sich bis zu $3{,}0^m$ Wassergeschwindigkeit noch betreiben.

Die stärksten für Schiffe noch passirbaren Gefälle sind 1 : 600—1 : 500.

Bei der Regulirung und Correction der Weser zwischen Minden und Carlshafen wurde 1 : 1000 noch als zulässiges (Maximal-)Gefäll zugelassen und das Normalprofil für gewöhnliches kleines Sommerwasser, das 25^{cm} über Niederwasser liegt, festgestellt. Die Fahrrinne wurde in den Geraden 18^m, in den Curven 20^m breit angenommen.

Das Sohlengefäll des projectirten Rhein-Kanals zwischen Strassburg und Ludwigshafen wurde zu 2^{cm} pro km und die Geschwindigkeit des Wassers im Canal zu $0{,}35^m$ angenommen.

Der kleinste Krümmungshalbmesser wird gewöhnlich $= 120^m$ angenommen; es empfiehlt sich jedoch, nicht unter 200^m Radius herabzugehen.

In Curven von mehr als 600^m Radius kann die normale Kanalbreite belassen werden.

Eine Profilerweiterung wird in der Regel auf der convexen Seite vorgenommen.

Digitized by Google

Das Gefäll der Schleusen beträgt gewöhnlich 2—3^{m}, das Gefäll der Kanalhaltungen 0% ausser da, wo dieselben zum Reinigen abgelassen werden oder zugleich als Entwässerungskanäle dienen bezw. Wasser zu Bewässerungsanlagen oder an niedriger gelegene Haltungen abzugeben haben und dann ein — jedoch schwaches Gefäll von ca. 0,004% erhalten. Die Kanalscheitelhaltung ist, namentlich wegen der in der Regel schwierigen Zubringung von genügendem Wasser nach der Wasserscheide, thunlichst nieder zu legen.

Der Wasserbedarf der Schifffahrtskanäle hängt von der Verdunstung, dem Verlust durch Versickerung und von dem Verbrauch beim Durchschleusen ab. Die Grösse der Verdunstung richtet sich nach localen Verhältnissen. Für die Sommermonate beträgt dieselbe durchschnittlich 10^{cm} pro Monat.

Ueber die Wasserverluste durch Verdunstung s. auch „meteorologische und hydrologische Notizen“ S. 63 ff. dieses Theils.

Nach Beobachtungen an französischen Kanälen beträgt der Wasserverlust durch Filtration und Verdunstung durchschnittlich 5,15^{l} pro Secunde und Kilometer in der heissen Jahreszeit, dagegen im Winter nur ca. 2,5^{l}. Die Verdunstungshöhe ist an den norddeutschen zu Kanalspeisungen dienenden Seen zu 60^{cm} jährlich ermittelt worden.

Der Verlust durch Versickerung hängt von der Bodenbeschaffenheit ab und ist z. B. = 0 da, wo der Kanal im Grundwasser liegt, dagegen besonders gross (bis zu 50% Wasserverlust) in klüftigem Boden. Für die Durchschleusung und für zwei sich begegnende Schiffe darf ein Consum von je 3/4 einer Schleusenfüllung, auf der Scheitelstrecke für ein Schiff von je 1 1/2 Füllungen angenommen werden. Hierbei ist die in der Regel zutreffende Annahme gemacht worden, dass die Hälfte aller Schiffe sich in den Schleusen, die andere Hälfte aber in den Haltungen sich kreuzen. Zum Speisen von Scheitelhaltungen sind öfters Reservoirs nothwendig. Ueber deren Construction s. S. 53 ff. Solche Reservoirs sind zur Niederschlagung von Sinkstoffen auch da nothwendig, wo andernfalls von Schlamm und Sand verunreinigtes Wasser in die Kanalhaltungen eingelassen werden müsste.

Bei dem geplanten Rheinkanal zwischen Strassburg und Ludwigshafen wurde das Maass der Versickerung und Verdunstung zu 0,14 cbm pro Secunde und km, im Sommer dagegen zu 0,18 cbm angenommen.

Um Wasserverluste durch Versickerung zu vermeiden, wird der Kanal, wo immer thunlich, unter den Grundwasserspiegel gelegt. Kanaldammschüttungen mit durchlässigem Material oder an steileren Hängen sind wegen etwaiger Dammdurchbrüche bezw. Abrutschungen zu vermeiden, Steine, Baumwurzeln und dergleichen dürfen in schmale Dämme nicht eingebracht werden. Kanal-Dämme sind, wo immer möglich, durch Anschüttung von schwerer, gleichförmiger Erde herzustellen, welche in Schichten von ca. 15^{cm} Höhe zu stampfen ist. In Mooren ist unter dem Damm ein entsprechend tiefer Graben auszuheben, und letzterer mit dem gleichen Schüttmaterial auszufüllen, wie der eigentliche Damm, welcher genügend zu überhöhen ist. Ueber die Ausführung wasserdichter Dämme gelten auch die unten unter „Deichbauten“ aufgeführten Regeln.

Zur Kanalisirung von Flüssen werden zur Erzeugung der erforderlichen Wassertiefe bewegliche Stauvorrichtungen zur Ausführung gebracht, welche bei Hochwasser und bei Eisgängen umgelegt werden. In der Regel werden hiebei die Systeme von Poiré (Nadelwehre) und von Chanoine (Klappenwehre) angewendet; neuerdings kommen ausser an den Schiffsdurchlässen auch solche Konstruktionen zur Geltung, wobei von einer festen hochwasserfreien Brücke aus, an welche sich umlegbare Ständer anlehnen, die von letzteren geführten Schützentafeln aufgezogen werden. Die Nadelwehre werden von Hand entfernt, bei den Chanoine'schen Klappenwehren erfolgt das Umlegen der um eine horizontale einige Centimeter über einem Drittel ihrer Höhe befindlichen Axe drehbaren Klappen schon bei einem die letzteren um ca. 15^{cm} übersteigenden Wasserstand in Folge des Ueberdrucks. Wegen der schwierigen Handhabung der Klappenwehre werden sie selten noch angewandt. Auf der kanalisirten Maas und ähnlich an der kanalisirten oberen Oder schliesst sich an die Schleuse der Schiffsdurchlass und an letzteren das Ueberfallwehr an. Das Durchflussprofil des letzteren muss so gross sein, dass beim Schliessen kein Hinderniss im Aufrichten der Ständer und Klappen eintritt; er darf

ferner bei vollständig niedergelegtem Wehr einschliesslich des Schiffsdurchlasses der Stau in letzterem den passirenden Fahrzeugen das Fortkommen nicht erschweren.

An der Einmündung von Kanälen in Flüsse sind in der Regel Schleusen erforderlich, welche behufs Verhütung von Versandungen an die Flussconcaven gelegt werden. Je nach der Höhenlage des Wasserspiegels in der anstossenden Kanalhaltung gegenüber dem Wasserstand des Flusses bei Niedrig- bezw. Hochwasser sind Kuppelschleusen und Fluththüren anzulegen. Bei einem Verkehr von nicht über 30 Schiffen pro Tag erhalten die Schleusen gewöhnlich nur eine Kammer für ein Schiff, bei stärkerem Verkehr eine zweischiffige Kammer. Bei minder bedeutenden Kanälen werden die Schleusen manchmal durch eine schiefe Ebene ersetzt, über welche die Schiffe gezogen werden.

Derartige, namentlich in Amerika mehrfach zur Ausführung gebrachte Schleusen erhalten gewöhnlich horizontale Drehthore (Tumble gates).

Hohe Dämme sind wegen der Schwierigkeit der Dichthaltung etc. thunlichst zu vermeiden; wo solche dennoch vorkommen, sind in Entfernungen von höchstens 3 km sog. Sicherheitsthüren anzulegen.

Die Dichtung der Kanäle erfolgt in klüftigem Boden durch Aufbringung von Beton oder von Thonschlag, welcher zur besseren Bindung eine genügende Menge scharfen Sand enthalten muss. Der Thonschlag muss in dünnen Schichten mindestens 30—40^{cm} hoch aufgebracht werden. Wenn die Seitendämme Wasser durchschwitzen lassen, so werden Beton- oder Puddlekerne, welche unter die Kanalsohle greifen, in die Kanalböschungen eingelegt. Abflössbarer Boden, wie z. B. Letten, wird durch eingestampften Kies vor dem Wegspülen geschützt. Durchlässiger Boden wird durch mechanisch im Wasser fein vertheilten Letten, welcher bei ruhigem Wasser sich als Schlamm niederschlägt, gedichtet.

Mauslöcher, Gesträuch und Baumwuchs, sowie Unkraut dürfen nirgends an Dämmen geduldet werden, welche undurchlassend sein sollen.

Vergleichung der Frachtkosten auf Strassen, Eisenbahnen und Kanälen.

Die Frachtkosten auf Strassen und Eisenbahnen und Kanälen ergeben sich im Allgemeinen aus der Formel:

$$K = \frac{T}{a \cdot l}\left(\frac{2 \cdot x}{v} + z\right),$$

worin K die Frachtkosten pro Tonne, T den Taglohn für die Zugkraft sammt dem hiemit verbundenen Fuhrwerk, a die tägliche Arbeitszeit in Stunden, l die Ladungsfähigkeit des Fuhrwerks in Tonnen, x die Verführungsweite in km, v die Geschwindigkeit in km pro Stunde und z die Zeit zum Auf- und Abladen pro Tonne in Stunden bezeichnet. Hiebei sind ferner die Frachtkosten für eine Nutzfahrt ohne Rückfracht entwickelt, so dass also die Zahl 2 innerhalb der Klammer bei voller Rückfracht auf 1 herabsinken würde, statt z dagegen 2z zu setzen wäre, also

$$K = \frac{T}{a \cdot l}\left(\frac{x}{v} + 2z\right) \text{ werden würde.}$$

In diesen Formeln sind jedoch die eigentlichen Verladungskosten nicht inbegriffen. Hienach würden kleinere Frachtbeträge bei kurzen Entfernungen am stärksten belastet werden. In letzterem Fall sind daher Wasserstrassen nur dann einträglich, wenn Schiffe mit verhältnissmässig kleiner Ladungsfähigkeit Verwendung finden.

Bei Eisenbahnen kann das zweite Glied durch Trennung der Zugkraft vom Wagen während des Ladens verkleinert werden, das erstere dagegen durch Vergrösserung der Geschwindigkeit v und der Arbeitszeit a, was beim Schiff weniger bezw. nicht zutrifft.

Bei den Wasserstrassen wachsen die Zugkraftkosten T annähernd mit der zweiten Potenz der Eintauchung t

$$T = \alpha t^2,$$

während die Ladungsfähigkeit l mit der dritten Potenz zunimmt $= \beta \cdot t^3$.

es ist somit, wenn $A = \frac{\alpha}{\beta}$ gesetzt wird,

$$K = \frac{A}{t}\left(\frac{2x}{v} + z\right).$$

Die Vermehrung der Eintauchungstiefe ist somit hier auf die Verminderung der Transportkosten vom grössten Einflusse.

Digitized by Google

Widerstände bei der Bewegung von Schiffen.

Der Schiffswiderstand P ergibt sich annähernd aus der Formel: $P = \frac{K \cdot \gamma' \cdot A \cdot (V + v)^2}{2g}$, worin A den grössten eingetauchten Querschnitt, V die Geschwindigkeit des Schiffes und v die des Wassers, K aber einen Coëfficienten bezeichnet, welcher bei sehr gut gebauten Schiffen ca. 0,24, bei den gewöhnlichen Elbschiffen ca. 0,38 (nach Bellingrath), desgl. bei Moselschiffen 0,33 betrug und bei Zillen u. dergl. bis auf 0,5 wachsen kann.

Redtenbacher fand, dass die Reibungswiderstände an den Schiffsseitenflächen die andern bedeutend übertreffen und will $K = 0{,}00606 \times \left(\frac{2}{3}\frac{L}{T} + \frac{2L}{B}\right)$ setzen, worin L die Länge des Schiffs in der Schwimmebene gemessen, B die Breite seiner Hauptspanten, T die Tauchung bezeichnet.

Für gut gebaute Flussdampfer ist $K = 0{,}16—0{,}18$,
« « « Seedampfer « « $= 0{,}11—0{,}07$,
« Kanalschiffe « « $= 0{,}21—0{,}27$,

Für Wellenschlag (wobei P am Meer mit 29 000 kg pro qm schon beobachtet wurde) = 1,865.

Als Maximalgeschwindigkeit der Meereswellen wurden schon 17^m, als Maximalwellenhöhe 15^m beobachtet.

Die Schiffsgeschwindigkeit V in fliessendem Wasser ist, wenn tgα das relative Gefäll bezeichnet, nach Ruttmann bei der Thalfahrt

$$= \sqrt{\frac{q \cdot \sin \alpha}{K \cdot A}} + v,$$

worin K einen gewöhnlich zwischen 15 und 25 liegenden Erfahrungscoëfficienten $\frac{\zeta\gamma}{2 \cdot g}$, v die Wassergeschwindigkeit, A den grössten eingetauchten Schiffsquerschnitt, q das Bruttogewicht des Schiffs und γ' das Gewicht von 1 cbm Wasser bezeichnet.

Die grösste Geschwindigkeit auf den Kanälen beträgt etwa 15 km pro Stunde (Walcheren) und zwar für Schiffe von 2^m Tiefgang, desgl. 7,5 km bei $3{,}75^m$ und mehr Tiefgang, desgl. 12 resp. 8,7 km bei 2^m bezw. $2{,}75^m$ tief gehenden Schiffen im Kanal Gent-Terneuzen. Bei diesen Kanälen beträgt aber die Wasserspiegelbreite bei NWS mind. das 8-fache der Tauchtiefe der Schiffe. Die Wassertiefe soll hier $0{,}9^m$ grösser als bei den Schleusendrempeln sein, die Sohlenbreite mindestens das 4-fache des zulässigen Tiefgangs betragen und die mindestens 1^m breit anzulegende Berme $0{,}2^m$ unter dem niedrigsten Wasserspiegel liegen.

Nach Sonne darf für den Widerstand einzelner Fluss- und Kanalkähne bei Geschwindigkeiten von $0{,}25—2{,}5^m$ unter theilweiser Zugrundelegung der obigen Bezeichnungen $P = \left(KA + m\frac{D}{T}\right)V^r$ gesetzt werden, worin die Coëfficienten m angenähert = 0,08, r = 1,75 und K als zwischen 20 und 25 liegend ermittelt wurden, und D die Verdrängung in cbm bezeichnet. $\frac{D}{T}$ komm dem Grundschnitt des Kahns in der Höhe der halben Tauchung näherungsweise gleich. Der Widerstand für Kähne in kg für je 1 t Verdrängung wird gefunden aus der Formel

$$W = \left(k\frac{A}{D} + \frac{0{,}08}{T}\right)V^{\frac{7}{4}}$$

wobei die von Bellingrath empfohlenen Normalkähne von $1{,}45^m$ voller Tauchung, $6{,}75^m$ Breite und 54^m Länge oder die französischen Normalkähne von $1{,}5^m$ Tauchung, 5^m Breite und $38{,}5^m$ Länge hauptsächlich berücksichtigt wurden. Sonne fand ferner, dass bei einer Geschwindigkeit von $1{,}1^m$ der Widerstand der Eisenbahnwagen 4 mal so gross ist, als der von Schiffen, dass aber schon bei $1{,}5^m$ Geschwindigkeit beide Widerstände gleich werden.

Der Schiffswiderstand bei der Fortbewegung soll ein gewisses Maass nicht übersteigen, wenn durch Wellenschlag die Geschwindigkeit und Lenkbarkeit des Schiffes nicht sehr beeinträchtigt und eine Beschädigung der Ufer vermieden werden soll; es darf auch daher das Verhältniss des

Digitized by Google

Querschnitts des Schiffskörpers zum Kanalquerschnitt eine bestimmte Grösse nicht überschreiten. Dieses Verhältniss

$$n = \frac{\text{Wasserquerschnitt}}{\text{eingetauchter Schiffsquerschnitt}}$$

soll nach Untersuchungen von Bellingrath etwa = 5 sein.

Derselbe stellte für den Schiffswiderstand W die Formel auf

$$W = K \cdot \frac{F}{2 \cdot g} \cdot v^2 \cdot \left(\frac{n}{n-1}\right)^2 \cdot \gamma$$

worin K einen von der Schiffsform und von n abhängigen Faktor, F den grössten Schiffsquerschnitt, v die Geschwindigkeit des Schiffs (nicht $> 4^m$ in der Sekunde), γ das Gewicht der Kubikeinheit Wasser bezeichnet.

Der internationale Binnenschifffahrtscongress in Wien von 1886 hat das Verhältniss n des $1{,}75^m$ tief eingetauchten grössten Schiffsquerschnittes zum benetzten Kanalquerschnitte mindestens = 1 : 4 angenommen.

Von Deutsch in Wien wird die Richtigkeit des obigen Verhältnisses $\frac{\text{Kanal}}{\text{Schiffs}}$-Querschnitt = 4 für das hierbei zu Grund gelegte Normalschiff von 450 t bekämpft (s. Wochenschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1887, S. 75 u. 102), da hierdurch die Dimensionen der Schleusen zu gross werden, bezw. beim Durchschleusen mancher Flussfahrzeuge ein unnöthiger Wasserverbrauch entstehe. Deutsch stellt daselbst noch weitere vergleichende Berechnungen über das Verhältniss der Geschwindigkeiten zu dem eingetauchten Querschnitt u. s. w. an, welche an der angeg. Stelle näher erörtert, aber im Auszug nicht zu geben sind; er erwähnt hierbei noch die von dem Ing. Sweet aus Messungen am Eriekanal ermittelte Formel

$$P = \frac{5{,}41 \cdot v^2 \cdot \delta}{n - 0{,}597},$$

worin P den Widerstand in kg, v die Fahrgeschwindigkeit des Kahns in Metern und δ dessen getauchte Oberfläche in qm, n aber die obige Verhältnisszahl bezeichnet.

Waldorp verlangt für grosse Rheinschiffe von 80^m Länge, 10^m Breite, $2{,}4^m$ Tiefgang und 24 qm Querschnitt eine Wasserspiegelbreite von 32^m, $3{,}1^m$ Tiefe und 120 qm benetzten Kanalquerschnitt.

Ladevermögen der Schiffe, Kanal- u. Schleusendimensionen.

Ueber die Zunahme von Tragfähigkeit und Zugkraft, mit welcher in nahezu gleichem Verhältniss auch die Zugkraftkosten wachsen, hat Sympher (s. Centralblatt der Bauverw. 1885, S. 180) folgende Tabelle für 65^m lange Schiffe aufgestellt, worin a das gewöhnliche von Pferden gezogene Kanalboot, b das Dampfb. nach Jacquel'schem System bezeichnet.

Verhältnisszahl n.	Querschnitt. Breite in m.	Tiefe in m.	Fläche in qm.	Tragfähigkeit von a in Tonnen.	Tragfähigkeit von b in Tonnen.	Verhältnisszahlen der für das ganze Schiff erforderlichen Zugkraft.	Verhältnisszahlen der Tragfähigkeit von a	Verhältnisszahlen der Tragfähigkeit von b
3,0 : 1	8	1,75	13,3	608	525	2,40	1,60	1,52
3,5 : 1	6,9	1,75	11,4	525	463	1,79	1,38	1,33
4,0 : 1	6,1	1,75	10,0	464	414	1,43	1,22	1,19
4,5 : 1	5,4	1,75	8,9	411	373	1,18	1,08	1,07
5,0 : 1	5,0	1,75	8,0	380	347	1,00	1,00	1,00

Nach den ebendaselbst enthaltenen Untersuchungen wäre für den Ems-Dortmunder Kanal, welcher für Schiffe von $1{,}75^m$ Tiefgang und 6^m Breite gebaut werden und einen benetzten Querschnitt von 40 qm erhalten soll, das günstigste Verhältniss von $n = 4^1/_4$, wobei Schiffe von 400 t bei Pferdebetrieb und Jacquel'sche Schiffe mit 350 t Ladevermögen noch gut verkehren können.

Nach Mocquery soll die Kanalbreite b (in der Unterkante der Fahrzeuge gemessen) in Curven unter der Voraussetzung, dass von zwei sich begegnenden Schiffen das eine sich am concaven Ufer festlegt,

während das andere sich auf der convexen Seite vorbeibewegt, ermittelt werden durch die Formel

$$b = 10^m + \frac{380^m}{r}$$

worin r den Radius des convexen Ufers bezeichnet.

Für Schiffe von $38{,}5^m$ Länge und 5^m Breite wird

für r = 0	75^m	100^m	150^m	200^m	300^m	600^m	und
« b = $32{,}26^m$	$15{,}25^m$	$14{,}38^m$	$13{,}3^m$	$12{,}8^m$	$12{,}2^m$	$11{,}6^m$	11^m.

Die Minimalbreite des Leinpfads soll für Menschen: $1{,}25^m$, für ein Pferd: $2{,}0^m$, für zwei Pferde: $3{,}0^m$, die Höhe desselben über dem Mittelwasserspiegel mindestens $0{,}8^m$, in der Regel $1{,}5$—$2{,}0^m$ betragen.

Die lichte Höhe unter den Brücken soll mind. $3{,}7^m$ betragen.

Uferböschungen erhalten im Einschnitt eine $1\frac{1}{2}$—$2\frac{1}{2}$fache (unten steiler als oben), bei Dämmen eine 2—3fache Anlage. Unter Wasser, ausser der Grenze des Wellenschlags, dürfen die Böschungen steiler gehalten werden.

In der Wasserspiegellinie muss die Dammbreite mindestens $2{,}0^m$ betragen. In Einschnitten wird in ca. 15^{cm} Tiefe unter dem Normalwasserstand ein $1{,}0^m$ breites, gewöhnlich mit Weiden oder Schilf angepflanztes Bankett ausgeführt.

Für Schiffe, welche sich selbst vorwärts bewegen, soll der Kanalquerschnitt mindestens = dem 8fachen des Schiffsquerschnitts sein.

Eichhorn hat unter der Annahme, dass, wenn h den Tiefgang des Schiffes bezeichnet, die Breite desselben = 4 h und dessen Länge = 30 h, die Tragfähigkeit = 75 h^3 und der Schiffsquerschnitt = 4 h^2, der Weg des Schiffes in der Schleuse = 36 h und die Schleusenbreite = 0,3 + 4 h sei, folgende Tabellen berechnet, a) für den Fall, dass die Geschwindigkeit im Kanal = 2 km in der Stunde beträgt und b) dass diese Geschwindigkeit mit zunehmender Ladefähigkeit etwa = (3,25—h) km in der Stunde abnehme und dass die Zugkraft in der Schleuse um das 1,8fache gegenüber der auf offener Strecke gesteigert werden könne.

Tragfähigkeit des Schiffes		75 t	150 t	250 t	400 t,
Tiefgang des Schiffes		$1{,}0^m$	$1{,}25^m$	$1{,}5^m$	$1{,}75^m$
Breite des Schiffes		$4{,}0^m$	$5{,}0^m$	$6{,}0^m$	$7{,}0^m$
eingetauchter Querschnitt des Schiffes		4,0 qm	6,25 qm	9,0 qm	12,25 qm
Fahrgeschwindigkeit des Schiffes	a)	2 km i. d. St. = 0,56 m. pro Sec.			
	b)	= 2,25	= 2,0	= 1,75	= 1,5 km
Im Kanal erforderl. Zugkraft	a)	32 kg	50 kg	72 kg	98 kg
	b)	36,5 «	50 «	55 «	55 «
In der Schleuse verfügbare «	a)	58 «	90 «	130 «	176 «
	b)	65,7 «	90	99 «	99 «
Schleusenquerschnitt	a)	4,7 qm	7,7 qm	11,4 qm	16,2 qm
	b)	4,7 «	8,0 «	12,7 «	19,0 «
Schleusenquerschnitt / Schiffsquerschnitt	a)	1,18 «	1,23 «	1,27 «	1,32 «
	b)	1,18 «	1,28 «	1,41 «	1,55 «
Schleusenbreite	a)	$4{,}3^m$	$5{,}3^m$	$6{,}3^m$	$7{,}3^m$
	b)	$4{,}3^m$	$5{,}3^m$	$6{,}3^m$	$7{,}3^m$
Wassertiefe in der Schleuse	a)	$1{,}09^m$	$1{,}45^m$	$1{,}81^m$	$2{,}22^m$
	b)	$1{,}09^m$	$1{,}51^m$	$2{,}02^m$	$2{,}6^m$

Der im Jahre 1886 in Wien abgehaltene internationale Binnenschifffahrtscongress hat für Hauptkanäle folgende geringste Normal-Dimensionen vorgeschlagen:

1) Verhältniss n des $1{,}75^m$ tief eingetauchten grössten Schiffsquerschnitts zum benetzten Kanalquerschnitt . . = 1 : 4
2) Normalwassertiefe:
   a. in freier Strecke . . . . . = $2{,}0^m$
   b. unter Brücken, in Aquäducten und Tunnels . . . = 2,5 «
3) Normalbreite:
   a. Sohlenbreite in freier gerader Strecke . . . . . = 16,0 «
   b. Vermehrung der Sohlenbreite in Curven um die zweifache Höhe des Bogens, dessen Sehne die grösste Schiffslänge bildet;
   c. unter Brücken . . . . . = 16,0 «
   d. in Aquäducten und Tunnels . . . . . = 7,5 «
4) Normalhöhe unter Brücken . . . . . = 4,5 «

Digitized by Google

5) Böschungsverhältniss in freier Strecke . . . . . = 1:2
6) Normalschleuse:
a. Drempeltiefe unter dem Normalwasserspiegel . . . = 2,5^{m}
b Lichte Weite in den Thoren . . . . . = 7,0 «
c. Länge der Kammer von Drempelspitze zu Drempelspitze . . . . . = 75,5 «

Die Dimensionen sub b und c sind, falls breitere und längere Flussfrachtschiffe auf dem Kanal verkehren sollen, entsprechend zu vergrössern.

Für kanalisirte Flüsse sind die obigen Minimaldimensionen ebenfalls zu Grunde zu legen.

Die beim Entwurf des linksuferigen Rheinkanals angestellten Versuche haben gezeigt, dass auch das oben angegebene Verhältniss des eingetauchten Schiffsquerschnitts zu dem benetzten Kanalquerschnitt nicht ausreichend ist, weshalb für ein Schiff 11—13^{m} Sohlenbreite, mit Rücksicht auf das Ausweichen bei zwei sich begegnenden grossen Rheinkähnen und des hier zu erwartenden starken Verkehrs aber eine Sohlenbreite von 24^{m} anzunehmen sei.

Ausgeführte Kanalisirungen und Kanalbauten. Bewegliche Wehranlagen und Schleusenbauten. Durchschleusung von Schiffen. Dimensionen von Flussschiffen. Kanalbaukosten.

Bei der oben erwähnten Kanalisirung der Maas beträgt die nutzbare Länge der Schleusen 100^{m}, ihre lichte Weite 12,0^{m}. Die Böcke des Nadelwehrs sind hier bei einer Stauhöhe von 3,1^{m} in Entfernungen von 1,2^{m} angeordnet, die Laufbrücke liegt 50^{cm} über dem gestauten Oberwasser; das Gesammteisengewicht pro Bock beträgt 503 kg. Das Aufrichten der Böcke geschieht mittelst einer tragbaren Windevorrichtung. Die Nadeln haben bei 3,75^{m} Länge 10^{cm} Breite, 9^{cm} obere, 12^{cm} mittlere und 10^{cm} untere Stärke*).

Durch die Kanalisirung des Mains zwischen Frankfurt und Mainz wird eine Wassertiefe von 2,0^{m} in den Schleusen von 2,5^{m} über den Drempeln herbeigeführt; auch hier kommen Nadelwehre mit je einem Schiffsdurchlass zur Ausführung. Die Seitenkanäle zur Umgehung der Wehre erhalten 20^{m} Sohlenbreite und Schiffsschleusen von 85^{m} nutzbarer Länge, 11,5^{m} lichter Weite. Neben jedem Wehre befindet sich noch eine Flossrinne von 12^{m} Sohlenbreite und 1,5% Gefäll. Die Schiffe haben bis zu 1000 t Nutzladung. Ein Main-Kettendampfer kostet etwa 80000 Mk, hat 45,2^{m} Länge, 7^{m} Breite und 0,52^{m} Tiefgang. Die Maschine hat 130 ind. Pferdekräfte. Das Schiff kann mit Anhang 6 km stündlich zurücklegen.

Die Abmessungen des kanalisirten Mains haben sich jetzt schon als nicht hinreichend erwiesen, weshalb die Schleusen zum Passiren von Schiffzügen 350^{m} Länge und 12^{m} Breite erhalten sollen, wie dies an der kanalisirten Seine und Maas der Fall ist.

Der projectirte linksuferige Rheinkanal zwischen Strassburg und Ludwigshafen soll 1000—1100 t haltende Rheinschiffe von 80^{m} Länge, 10^{m} Breite und 2,2—2,4^{m} Tauchtiefe und in den Schleusen ausserdem noch einen 20^{m} langen Schraubendampfer aufnehmen, weshalb die Schleusen 110^{m} Länge, 12^{m} Breite und 3—3,5^{m} Tiefe, der Kanal selbst aber mit Rücksicht auf die unvermeidlichen Schlammablagerungen eine Tiefe von 3,0^{m} erhalten sollen. Die Geschwindigkeit der durch Schraubendampfer vorwärts bewegten Schiffe soll zu Berg 5,4 km, zu Thal 7,1 km nicht übersteigen.

Bei der Kanalisirung der Seine von Paris bis Rouen wurde die geringste Tiefe zu 3,2^{m}, die Minimallänge der Schleusen zu 161^{m}, die Breite derselben zu 17^{m} bestimmt, um ganze Schleppzüge kleinerer Seeschiffe passiren lassen zu können. Die Schleusen bei Bougival und Suresnes haben 200^{m} bezw. 180^{m} Länge erhalten.

Kanal von Dortmund nach den Emshäfen. Neueste Profile in Einschnitten 20^{m} Sohlenweite, 2^{m} Wassertiefe; im Auftrag Sohle bis 14^{m} zusammengezogen; grösste Tiefe 3,5^{m} + 0,50^{m} Ueberstau. Normal-Wasserspiegelbreite 30^{m}. Volles Profil unter den Brücken. Lichte Höhe 4,5^{m}. Schleusen 8,60^{m} weit, 67^{m} Nutzlänge. Drempeltiefe oben 3,0^{m}, unten 2,5. Gefälle 2,5—4,0^{m}. Haltungslänge 1,5—56 km.

---

*) S. die „Kanalisirung der Maas“ von Martial Hans, übersetzt von Düsing, Verlag von J. F. Bergmann in Wiesbaden.

Digitized by Google

Beim Oder-Spree-Kanal hat das Querprofil in der Kanalstrecke 14m Sohlen- und 23,2m Wasserspiegelbreite bei 2m Tiefe erhalten. Die Schleusen sind 8,6m in den Thoren bez. 9,6m in der Kammer breit, bei 55m Nutzlänge und 2,5m Drempeltiefe. Tragfähigkeit der Schiffe 400 t. Kanalprofil kann auf 27,5m Spiegel-, 16m Sohlenbreite und 2,5m Drempeltiefe erweitert werden für grosse Elbkähne von 500 t.

Eine der grössten Schiffsschleusen bei St. Mary (verbindet Huronsee mit oberem See) 243m lang, 30m breit; Gefälle d. 5,4m.

Kanalisirung der oberen Oder. Schleusen 9,6m breit, 55m Nutzlänge, Drempellage 2,0m unter normalem Stau. Gefälle 2,6m. Klappschütze in den Thoren, Drehschütze in den Umläufen. Füllkanäle mit oberem Schlitz in der Kammersohle (wie beim Oder-Spree-Kanal). Füllkanäle einfacher durch Schlitze im Mauerwerk der Schleusenkammer zu ersetzen, z. B. Harburger Schleuse, Schleuse St. Denis, neue Oberschleuse zu Breslau. Tragfähigkeit der Schiffe 400 t

Aus den neuen Kanalprojecten sind folgende Regeln herzuleiten:

Querschnitt. Sohlenbreite etwa 2m mehr wie das Doppelte der grössten Breite der verkehrenden Schiffe. Wassertiefe = Tauchtiefe des Schiffes + 0,50. Böschungen unter Wasser an der Sohle 1 : 2½, nach oben bis 1 : 3 auslaufend, über Wasser 1 : 1½ bis 1 : 2. Berme von 1,0 bis 0,60m in Normal-Wasserspiegelbreite bez. höher, je nach Wasserstandswechsel häufig in Einschnitten mit Weiden oder Schilf bepflanzt. Dammbreite in N.-W.-Linie mindest. 2,0m. Leinpfad: für Menschen 1,25, für 1 Pferd 2,0, für 2 Pferde 3,0m breit, liegt 0,80 bis 2,0m über N.-W. Kleinster Radius thunlichst 400m, wobei schon Sohlenerweiterung erwünscht, selten nur 200m. Lichte Durchfahrtshöhe unter Brücken mindest. 3,7m.

Im Allgemeinen beträgt die Länge der Schleusenhäupter von der Thorkammernische (ausschl.) ab, für das Oberhaupt ca. 6,0m, für das Unterhaupt ca. 7,5m.

Der Drempelanschlag beträgt zwischen 10—20 cm, der Spielraum unter dem Schleusenthor 15—30cm. Der Drempelvorsprung ist gewöhnlich = 1/6 der Lichtweite. Die Höhe der Thore wird nach dem höchsten Wasserstand, der noch von der Schleuse abgehalten werden soll, bemessen. Die Seitenmauern überragen die Thore in der Regel um ca. 0,5m. Holzthore, welche ca. 20 Jahre halten, werden bis zu 13m Schleusenweite angewendet. Bei eisernen Thoren erhalten die Bleche nicht unter 6mm Stärke.

Die Schleusenthore sollen sich unter einem Winkel von ca. 140—145° gegeneinander stemmen. Klappschütze und Drehschütze verursachen viel Wasserverlust, bei starkem Gefälle schwierige Bedienung. In neuester Zeit durch Rollschütze (Kaiser Wilhelmskanal) oder für Umläufe durch die durchaus bewährten Cramer'schen Cylinderschütze (zuerst bei Bürgerwerder Schleuse zu Breslau 1878 angewandt) ersetzt. Die französische Umänderung in Ventilschütze ist keine Verbesserung des Cylinderschützes! Mehrarbeit, Aufmerksamkeit bei Frost erforderlich. Schleusen von 5,2m Lichtweite, 42m Nutzlänge und 1,8m Tauchung gestatten noch den Durchgang von Schiffen mit 300 t Tragkraft, desgl. solche von 65m Nutzlänge und 8m Breite und 2m Tiefgang von Schiffen mit 600 t Nutzladung.

Schleusen sind so anzulegen, dass die anstossende obere Kanalhaltung höchstens um die halbe Wasserhöhe des Kanals über das Terrain zu liegen kommen.

Bezeichnet a die Fläche der Schleusenkammer, h die anfängliche Druckhöhe (vor Oeffnung des Schützens), μ den Ausflusscoëfficienten, so ist die Zeit, in welcher eine Schleuse durch den Schützen vom Querschnitt f gefüllt bezw. entleert wird:

$$t = \frac{2 \cdot a \cdot h}{\mu \cdot f \sqrt{2 \cdot h \cdot 9{,}81}}.$$

Mittelwerth $\mu = 0{,}60$. Siehe Seite 3 ff.

Das Füllen und Entleeren einer Schleuse soll je nicht über 5 Minuten in Anspruch nehmen. Nach den Erfahrungen, die an den elsässisch-lothringischen Kanälen gemacht wurden, beträgt hier der Zeitaufwand für das Einfahren, Schliessen der Thore u. s. w. bei einer Schleusenfüllung von 530 cbm und bei einem leer zu Berg oder zu Thal fahrenden Schiff 10 Minuten; für ein geladenes Schiff von im Mittel 150 t Ladung nach beiden Richtungen dagegen 14—15 Minuten. Für die Kanalisirung der oberen Oder werden mindestens 3 Schleusungen in einer Stunde angenommen, die sich ohne Anstrengung auf 4 vermehren lassen.

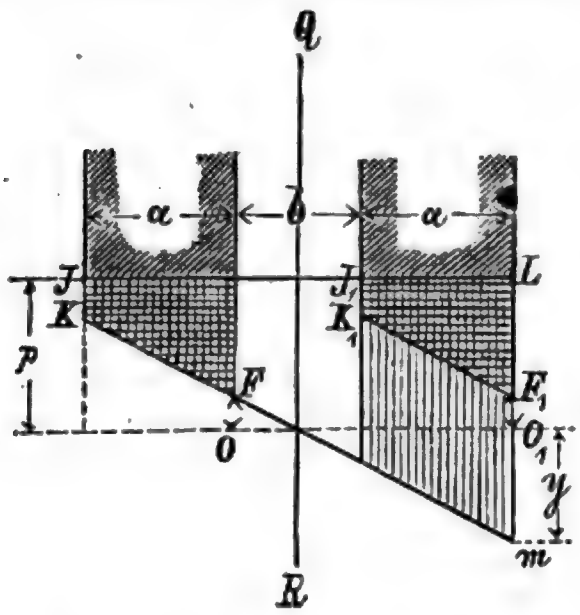
Digitized by Google

Berechnung des Mauerwerks in Schleusen.

Betonbett. Wasserdruck H wirkt nicht mit der vollen theoretischen Höhe h. Dafür ist anzusetzen: bei grobem Kies $H = 0{,}6-0{,}7\,h$, Sand $H = 0{,}4-0{,}6\,h$, lehmigem Sand $H = 02{,}-0{,}4\,h$.

Das Schleusenbett ist zu berechnen: a) für Auftrieb beim ersten Auspumpen; dann h bis Oberkante Spundwand höchstens. Unter Umständen künstliches Belasten mit den Steinmaterialien etc. b) Als eingespannter Balken zwischen den Kammerwänden bei Reparaturen bezw. Auspumpen bei hohem Aussenwasser; dann h bis Oberkante Kammerwand.

Schleusenmauer. Kammer leer, Erddruck aus durchnässter Erde mit Höhe h der Kammerwand $= E = 1{,}9\,\mathrm{tg}^2\left(45 - \frac{\varrho}{2}\right) h^2$ oder für $\varrho = 24^0$. $E = 1{,}9 \,.\, 42\,.\, h^2$. (1,9 = spez. Gewicht.) Weitere Berechnung nach den Grundsätzen für Standsicherheit.



Mauer mit Umlauföffnung. S. Abbildung. Me = Moment aus Erddruck, G = Gewicht der Mauer einschl. der darauf ruhenden Erdlast, welche zur Vereinfachung dem Mauergewicht gleich gesetzt ist. x = Abstand des Durchgangspunktes der Resultante von der Mittellinie Q—R. 1. $x = \frac{Me}{G}$ Berechne zunächst Höhe der punktirten rechteckigen Druckfigur für centrale Last: 2. $p = \frac{G}{2\,.\,a}$. Der ausser-centrale Angriffspunkt der Resultante ändert die Druckfigur in das Trapez JKLm um, für welches der Inhalt gleich dem des Rechtecks und das stat. Moment der Einzelfiächen gleich $G\,.\,x$ sein muss. Ziehe $K_1 F_1 \parallel K m$, sodass $JK = J_1 K_1$. Dann sind die doppeltschraffirten Flächen gleich, ihr stat. Moment hebt sich. Wenn $FO = F_1 O_1$ und $O_1 m = y$ gesetzt, dann $(y + F_1 O_1)\; a \left(\frac{a+b}{2}\right) = G\,x$ oder weil $F_1 O_1 = FO = \frac{y\,.\,b}{2\,a+b}$, ist $a\left(y + \frac{y\,b}{2\,a+b}\right)\frac{a+b}{2} = G\,.\,x$ daraus y und die Beanspruchung $p+y$ bezw. $p-y$. (U. A. bei den Schleusen der Kanalisirung der oberen Oder angewandt) Lässt sich unschwer auch für unsymmetrische Lage von G anwenden. Eventl. Seilpolygon konstruiren.

Abmessungen der Schiffe.

Durchschnittliches Verhältniss zwischen Tiefe, Breite und Länge der Kanalschiffe = 1 : 4 : 30. Ein Holzschiff von 125–175 t Ladung hat leer 0,3m, voll 1,2m Tiefgang, wozu noch 0,2m Bordhöhe zu rechnen sind, somit beträgt die Gesammthöhe 1,4m; eiserne Schiffe gleicher Categorie haben leer nur ca. 18cm Tiefgang, bei gleicher Wandhöhe etc. also eine um 25—35 t grössere Ladefähigkeit.

	Länge m	Breite m	Tiefgang m	Tragfähigkeit t
Finowkanalkahn	40,20	4,60	1,25	150
Gew. Elbkahn	52,5	7,0	1,75	400
Grosser Elbkahn	62,5	7,5—8	1,75	500
Elbe-Odermodellkahn	55	8	1,75	400
Grösster Rheinschleppkahn .	74	9,8	2,2	ca. 1000

Geneigte Ebenen. Hydraulische Hebewerke.

Bei der Dodgeschleuse am Cheasepeak-Ohio-Kanal, welche für 27,4m lange, 4,4m breite Schiffe mit 1,52m Tiefgang und 110—135 Tonnen Tragfähigkeit eingerichtet ist, beträgt die Niveaudifferenz zwischen den Wasserspiegeln 11,6m. Auf einer geneigten Ebene von 8,5% Steigung wird ein mit Wasser gefüllter Caisson, welcher die Schiffe aufzunehmen hat, und durch zwei Contregewichtswagen, welche auf schiefen Ebenen von 5% und 10% Steigung (im unteren Theil) laufen, nahezu abbalancirt wird, heraufgezogen, bezw. abgelassen. Die Kosten eines solchen Cais-

Digitized by Google

sons incl. der Contregewichtswagen beliefen sich auf ca. 70000 Mk.; die Schienen, Schrauben und sonstigen Eisentheile kamen im Ganzen auf ca. 26500 Mk., die Maschinenanlage (Turbine etc.) zum Aufziehen und Ablassen des Caissons auf ca. 32500 Mk. zu stehen. Der Zeitverlust beim Durchschleusen incl. Fahrt im Caisson beträgt ca. 6—8 Minuten. (S. auch Zeitschrift für Bauwesen 1879, S. 49.)

Bei dem Elbing-Oberländischen Kanal werden 99,5^{m} Höhe durch fünf schiefe Ebenen überwunden. Der Kanal hat 7,6^{m} Sohle und 16,3^{m} Wasserspiegel-Breite, dreifache Böschungsanlage, 1,26^{m} Minimalwassertiefe. Eine schiefe Ebene kam durchschnittlich auf 485000 Mk. zu stehen. Die Unterhaltungskosten betragen pro km ca. 1500 Mk., pro Ebene allein 5330 Mk. jährlich. Die Schiffe tragen 60—70 t, dürfen aber auf den geneigten Ebenen nur mit 50 t belastet werden.

Neuerdings kommen, z. B. bei der Schleuse zu Anderton, auch senkrechte Hebungen in Aufnahme, wobei nach dem System Clark zwei bewegliche Schleusenkammern nebeneinander angeordnet werden, derart, dass beim Niedergang der einen, das Schiff aufnehmenden Kammer die andere gehoben wird. Die Hebung geschieht durch Wasserüberdruck und durch Accumulatoren, welche auf die die Bewegung vermittelnden Stempel drücken. Die obere Kammer schliesst sich an die gefüllte obere Kanalhaltung gewöhnlich mittelst eines Klappthores an. Die Dichtung wird gewöhnlich durch ein mit Wasser gefülltes Kautschukrohr bewerkstelligt.

Bei Fontinettes am Kanal von Neuffossé, in der Nähe von S. Omer (s. Deutsche Bauzeitung von 1888, S. 591), sowie bei La Louvière an dem belgischen Kanal du Centre (s. ebendas. S. 625) sind hydraulische Schiffshebewerke nach demselben System Clark erbaut worden, von welchen das erstere Schiffe bis zu 38,5^{m} Länge, 5^{m} Breite und 1,5^{m} Tiefgang in Schleusenkammern von 40,5^{m} Länge und 2,1^{m} Wassertiefe aufnimmt. Diese Kammern steigen ebenfalls auf Kolben abwechselnd auf und ab.

Die Kolben bestehen in Fontinettes aus gusseisernen Trommeln von 2,8^{m} Höhe, 2^{m} Durchmesser und 6^{cm} Stärke, welche zusammen eine Höhe von 17,2^{m} haben. Die wirkliche Hubhöhe beträgt hier 13,13^{m}. Die die Kolben umgebenden Cylinder aus gewalztem Stahl von 5,5^{cm} Wandstärke haben 15,8^{m} Höhe und 2,08^{m} Durchmesser. Die Kolben werden mit 25 Atm. Druck (mittelst einer 50pferdigen Turbine) getrieben. Das zu hebende Gesammtgewicht beträgt hier 800 t. Um zwei Schiffe der grössten Art gleichzeitig passiren zu lassen, sind in Fontinettes 42 Min. erforderlich. Die Kosten der ganzen Anlage hätten bei einem Neubau ca. 1,050,000 Mk. betragen.

Das Hebewerk von La Louvière ist für 15,11^{m} Hub und für Schiffe von 360 t Ladefähigkeit eingerichtet. Die Schleusenkammern haben 43^{m} Länge, 5,8^{m} Breite und 2,4^{m} Wassertiefe. Das Gewicht der Schleusenkammern beträgt hier 292 t, dasjenige der Wasserfüllung 676 t, das Gewicht des 19,45^{m} langen tragenden Kolbens von 75^{mm} Wandstärke 80 t. Die Baukosten sind zu rd. 1,010,000 Mk. veranschlagt worden. Eine Schleusung beansprucht hier 15 Minuten, der Wasserverbrauch beträgt ferner nur etwa 7 % der Menge, welche bei gewöhnlichen Schleusungen erforderlich wäre. Ueber die Betriebsunkosten fehlen noch nähere Anhaltspunkte.

Von einer Eintauchung der niedergehenden Schleusenkammer in die untere Kanalhaltung muss hiebei wegen des hiedurch bedingten Kraftverlusts abgesehen und daher die Kammer zuerst auf ein Trockendock aufgesetzt werden, bevor das Schiff ausgeschleust wird. Um die bei etwaigen Cylinderbrüchen entstehenden Gefahren zu beseitigen, werden die Kammern durch sogen. Compensationsapparate untereinander in Verbindung gesetzt, welche Wasser von den Schleusenkammern in die Cylinder und umgekehrt austreten lassen, wodurch für jede Stellung beim Auf- und Niedergehen ein Gleichgewichtszustand geschaffen wird. Ausserdem erhalten die Kammern 3 Führungen.

Nach Oberingenieur Gerdau wird das bei Henrichenburg am Dortmund-Emskanal erbaute Schiffshebewerk eine Schwimmer-Tragschleuse mit Zwangsführung durch 4 Jeben'sche Schraubenspindeln; Sicherung gegen Zug bei leerem Trog- und gegen vollen Trogdruck bei schadhaften Schwimmern. 5 Schwimmer je in 30^{m} tiefen, 9,6^{m} weiten Brunnen. Spindeln in der Regel ohne wesentliche Beanspruchung durch Elektricität angetriebene wie alle Bewegungsvorrichtungen von einer 220 P.K. starken Dampfmaschine. Centralbl. 1895. Tolkmitt schlägt für grössere Kanäle zweireihig nebeneinander gelegte Kuppelschleusen vor gegenüber den Hebewerken. S. Zeitschrift f. Binnenschifffahrt 1896, Heft 4.

Eine Vergleichung der verschiedenen Schleusensysteme geben die Nouvelles Annal. de la constr. von 1881, S. 169, in nachstehender Tabelle:

	Geneigte Ebene.				Hydraul. Schleusen mit zwei äquil. Kammern.		Gewöhnliche Schleusen bei mittl. Verhältn.
	Hub im Trocknen.		Hub in beweglichen Kammern.				
	Kanal Morris.	Oberländ. Kanal.	Blackhill.	Georgetown.	Grand-Western C.	Anderton.	
Hubhöhe	30,5m	24,5m	29,5m	11,6m	14,0m	15,4m	3,0m
Max.-Ladung	70 t	70 t	—	135 t	8 t	100 t	170 t
Zeit einer Operation .	15′	15′	10′	16′	3′	19′	20′
Gleichzeitig passirbare Fahrzeuge	2	2		1	2	2	1—2
Mittl. Zeit per Schiff und m Hubhöhe . .	13″	18″	10″	82″	7″	37″	400″

Bei der Wehr- und Schleusenanlage in Dinant und Anseremme an der Maas kamen die Schleusen von 100m Nutzlänge und 12m Lichtweite im Mittel auf 285 000 Mk., der feste Theil des Schiffsdurchlasses (Poiré) bei 3,1m Stauhöhe auf 1382 Mk., der bewegliche auf 556 Mk., zus. also auf 1938 Mk. pro Meter, desgleichen beim Ueberfallwehr (Chanoine) der feste Theil auf 979 Mk., die Klappen nebst Zubehör auf 685 Mk., die Laufbrücke nebst Böcken auf 337 Mk., zus. also auf 2001 Mk. pro Meter zu stehen. Die Gesammtkosten der kanalisirten Maas auf der Strecke La Plante-Namur betrugen 140800 Mk., auf der Strecke zwischen Visé und Namur 166512 Mk. pro Kilometer.

Bei Stauhöhen von ca. 4m werden die Wehrabschlüsse mittelst Jalousien hergestellt, welche mittelst fahrbarer Krahnen aufgezogen werden.

Das von Mohr in der Spree bei Charlottenburg erbaute bewegliche Wehr hat 50m Länge 1,23m Stauhöhe und 2,8m Höhe vom Wehrrücken bis Oberwasser, wird von vier Strompfeilern in fünf Abtheilungen zerlegt, von welchen vier als Schützenwehre und eine als Trommelwehr construirt wurden. Bei schwieriger Gründung kam diese Anlage auf 180000 Mk. bezw. auf 3600 Mk. pro Meter zu stehen.

Die Girardon-Rheinhard'schen beweglichen Wehre werden bei Stauhöhen von 3m und weniger angewendet. Dieselben kosten bei einer Tiefe der Gründung von ca. 1,2—1,5m unter NWSp. und bei 1,8—2,4m Stauhöhe einschliesslich Fischweg pro m ca. 320—425 Mk. (s. Centralbl. d. Bauverw. 1889, S. 227). Klett-Würzburg beansprucht die Priorität hierfür.

Die Kosten der Kanalisirung des Mains zwischen Mainz und Frankfurt werden ausschliesslich der Hafenanlagen in diesen Städten 110000 Mk. pro Kilometer betragen.

Die Kosten eines für 2 Schiffe bemessenen Kanals von 2m Tiefe und 10,8m Sohlenbreite betragen einschliesslich des Aufwands für Einrichtung der Tauerei pro Kilometer durchschnittlich 160000 Mk. Krantz rechnet als Durchschnittsansatz bei französischen Kanälen 144000 Mark, als Maximalsatz — 200000 Mark. Die Kilometer-Kosten der kanalisirten Flüsse belaufen sich in Frankreich auf ca. 60000 Mark.

Fluss- und Kanalschifffahrtsbetrieb. Unterhaltungskosten der Kanäle und Schiffe.

Die Maschinenkraft zur Ueberwindung aller Widerstände setzt sich zusammen

zur Ueberwindung	zur See	im Flusse
1) des Schiffswiderstandes	ca. 36,6%	ca. 30%
2) des Widerstandes durch die Wirkung des Propellers	« 14,6 «	« 12 «
3) der Reibung des Propellers im Wasser bezw. der Schaufelräder	« 3,8 «	« 3 «
4) zur Erzielung des Slip-Rücklauf des Wassers, um den Vorschub zu erzielen .	« 15 «	« 25 «
5) zur Ueberwindung der Reibung der Maschinen	« 30 «	« 30 «

Digitized by Google

Bei flachgebauten Schiffen ist das Verhältniss der Breite zur Länge von $^1/_8$ oder höchstens $^1/_9$ das beste.

Die grossen Personendampfer auf dem Rhein haben auf der Strecke Bingen-Mainz 15 km, und zwischen Bingen und Cöln 15,5 km pro Stunde Fahrzeit, unterhalb Cöln bis 16 km (8,5 Knoten).

Die Zugkosten berechnen sich bei grösseren Ladungen durchschnittlich auf 0,008—0,01 Mark pro Kilometertonne. Hiervon entfallen in Deutschland auf die Kosten des Schiffs und Inventars 0,25—0,5 Pf., auf die Beförderungskosten bei Menschenzug 0,45—0,63 Pf., bei Pferdezug 0,38—0,5 Pf., bei Verwendung der Dampfkraft und bei Schiffen ohne Kette 0,35—0,5 Pf., do. mit Kette 0,3—0,4 Pf., und desgleichen mit Seil ca. 0,27—0,35 Pf.

Eine von Wasser-Bauinspector Sympfer angestellte Vergleichung der Frachtkosten auf Eisenbahnen und Kanälen ist in nachstehender Tabelle enthalten:

Für 1 Nutztonnenkilometer in Pf.	Wasserweg.			Eisenbahn.		
	Haupt-Kosten.	Neben-Kosten.	Zus.	Haupt-Kosten.	Neben-Kosten.	Zus.
Betriebskosten . . .	0,938	0,231	1,169	1,089	0,089	1,178
Kapitalverzinsung . .	0,875	0,052	0,927	1,430	0,057	1,487
Zusammen . .	1,813	0,283	2,096	2,519	0,146	2,665

Die Dauer eiserner Fahrzeuge ist zu 40, für eichene Kähne zu 16, für kieferne zu 11 und für Zillen zu 6 bezw. 4 Jahren anzunehmen.

	Tragfähigkeit		
	400—450 t	250—300 t	150 t
1) Eisenbordige gedeckte Kähne kosten	20000 Mk.	15000 Mk.	10000 Mk.
2) Hölzerne ged. Kähne aus Eichenholz	13000 «	10500 «	7500 «
3) « « « « Kiefernholz	11000 «	8500 «	5500 «
4) Kieferne Zillen	— «	— «	2800 «
Tannene «	— «	— «	1800 «

Der Verkaufswerth des alten Rumpfes ist bei 1) = 6,5%, bei 2) und 3) = 7,5%, bei 4) ca. 13—15%.

Die Amortisationskosten des Schiffsrumpfes berechnen sich nach Eytelwein aus der Formel:

$$R = \frac{z \,.\, k}{m \,.\, z \left(1 + \frac{z\,(m-1)}{200}\right)}$$

worin R die jährliche Rente, k das Anlagekapital, m die Anzahl der Jahre und z den Zinsfuss bezeichnet. Für z = 5% ist also $R = \frac{40\ k}{m\,.\,(39+m)}$.

Die Dauer der Segel ist zu 12—15, die der Ketten und Anker zu 20—25, des Tauzeugs zu 3—6 Jahren höchstens anzuschlagen; da das Tauzeug ein Drittel des ganzen Inventarwerthes repräsentirt, so ist im Mittel für das ganze Inventar eine Dauer von 8 Jahren anzunehmen. Das Takelwerk kostet bei Schiffen von 400—450 t 4500 Mark, bei solchen von 250 bis 300 t 4000 Mark, bei 150 Tonnenschiffen 3000 Mark, bei den Zillen 1500 Mark.

Auf dem Rhein-Marnekanal in Elsass-Lothringen betrugen die Transportpreise durchschnittlich pro Kilometer und pro mittlere Schiffsladung von 100 Tonnen:

für Steinkohlen . . .	1,53 Mark,	für Getreide	1,95 Mark.
« Coaks	2,00 «	« Holz in Schiffsladungen	1,45 «
« Eisen und Erze .	1,11 «	« Holz in Flössen .	1,42 «
« Steine	2,04 «		

In Frankreich wird, wie im Elsass, eine mässige Abgabe von den Kanalschiffen erhoben, welche für den Tonnenkilometer bei Gütern I. Klasse 0,4 Pf., bei Gütern II. Klasse 0,16 Pf., für Flossholz pro Cubikmeter 0,16 Pf. beträgt.

Der auf dem Rhein-Marne- und dem Rhein-Rhonekanal den Schiffern für Gebühren, Arbeitslohn etc. zu vergütende Aufwand, welcher nach

Zonen von je 200 km Länge abgestuft wird, beträgt bei Schiffen bis zu 1,4 Tiefgang

pro km und Tonne	für die I. Zone von 0—200 km	—:·	1,8 Pf.	Dagegen beträgt d. Eisenb.-Tarif d.	—:·	2,7 Pf.
« «	II. « « 200—400 «	—:.	1,5 «	niedersten III. Wa-	—:·	2,5 «
« «	III. « « 400—600 «	—:.	1,3 «	genklasse im Elsass	—:·	2,3 «

Ausserdem wird noch bei den Bahnen pro Tonne für die erste Zone eine feste Expeditionsgebühr von 1 Mk., für die II. und III. Zone von 1 Mk. 20 Pf. berechnet.

Wenn die projectirte Vertiefung der Kanäle durchgeführt sein wird, so dass Schiffe von 1,8^{m} Tiefgang noch passiren können, so ermässigen sich die Kanal-Transportkosten noch um 0,16 Pf. pro Kilometertonne.

Beim Vergleich beider Transporten sind noch in jedem einzelnen Fall die Ein- und Ausladungskosten zuzuschlagen. Als Mittelsatz für Kanalfracht gilt 0,96 Pf. für tkm ohne Kanalzölle.

Uebersicht der Frachtkosten für den tkm (nach Bellingrath).

a) Gewinn des Schiffsherrn. b) Laufende Ausgaben für Schiff und Bemannung. c) Kosten des Fortkommens. d) Summe sämmtlicher Kosten.

Art des Betriebs.	Bei einer Jahresleistung von km.	Für Fahrzeuge, deren Ladungsfähigkeit 112,5 t				220 t				350 t			
		a	b	c	d	a	b	c	d	a	b	c	d
Pferdezug . .	4500	0,200	0,941	0,885	2,026	0,187	0,576	0,600	1,363	0,152	0,405	0,456	1,013
	6750	0,133	0,627	0,856	1,616	0,125	0,384	0,584	1,093	0,101	0,270	0,448	0,819
	9000	0,101	0,469	0,835	1,405	0,093	0,288	0,573	0,954	0,077	0,208	0,440	0,725
Schraube	6750	—	—	—	—	0,336	0,365	0,576	1,277	0,275	0,253	0,405	0,933
	9000	—	—	—	—	0,251	0,275	0,485	1,011	0,208	0,190	0,341	0,739
	11250	—	—	—	—	0,200	0,221	0,419	0,840	0,165	0,152	0,299	0 616
Tauereibetrieb	6750	—	—	—	—	0,125	0,384	0,491	1,000	0,104	0,269	0,403	0,776
	9000	—	—	—	—	0,093	0,288	0,483	0,864	0,077	0,203	0,397	0,677
	11250	—	—	—	—	0,075	0,229	0,472	0,776	0,061	0,163	0,389	0,613

Die Unterhaltung der schiffbaren Kanäle kostet in Preussen ca. 1800 Mark jährlich pro Kilometer. Für Unterhaltung und Verwaltung sind ca. 1¼% der Baukosten in Rechnung zu ziehen.

Die gewöhnlichen Unterhaltungskosten belaufen sich beim Rhein-Rhone- und beim Rhein-Marnekanal, soweit dieselben innerhalb Elsass-Lothringen liegen, auf ca. 965 Mark, beim Saarkohlenkanal ebendaselbst auf ca. 1000 Mark pro Kilometer; dagegen bei Nebenkanälen, z. B. beim Breuschkanal auf ca. 500 Mark, beim Hüninger Zweigkanal auf ca. 650 Mark.

Die durchschnittlichen Unterhaltungskosten der französischen Kanäle betragen 1145 Mark, nach andern Quellen nur 1050 Mark, im Maximum 1400 Mark pro km.

Fortbewegung der Binnenschiffe.

Vom Herausgeber.

Schifffahrt bei Geschwindigkeiten über 3,5^{m} unmöglich.

a) Staaken und Leinzug (Treideln) durch Menschen ist auf den deutschen Flüssen und Kanälen am Meisten in Anwendung. Geschwindigkeit 0,4—0,5^{m} bei etwa 2 Mann für je 100 t Ladung. Wird zu theuer, vielfach durch Segeln nachgeholfen. Auf franz. Kanälen Kosten 0,004—0,0045 Fr. für tkm.

b) Pferdezug; im stauen Wasser zieht 1 Pferd 200 t Ladung bei 0,60—0,70^{m} Geschwindigkeit; die Schleppkosten berechnen sich dabei zu 0,2—0,25 Pf. für tkm im Finowkanal, bis durchschnittlich 0,04 Pf. auf französischen Kanälen.

c) Treiber. (Propeller.) Zwischen Mühlhausen und Saarbrücken. System Jacquel: Treiber 7,7^{m} lang, 4,3^{m} breit, 2,4^{m} hoch mit 30 HP. greift in besonders geformtes Hintertheil des Kanalschiffes von 150 t Ladefähigkeit, Geschwindigkeit 4 km in der Stunde. Auf der unteren Seine 5—10 km Geschwindigkeit 55—60 HP. für 430—540 t Ladefähigkeit. Nutzeffect 40%.

Digitized by Google

Frachtschiff mit eigenem Dampfmotor. Geschwindigkeit für Kanäle je nach Zulässigkeit (6 km) im Fluss 9—14 km in der Stunde. Tragfähigkeit von 200 t; lohnend, wo nur einigermassen Aussicht auf Regelmässigkeit in Frachtbewegung. Lohnend für Eilgut. Wird sehr bevorzugt, da es auch als Schlepper allein dient und für diese Nebenleistung ausserordentlich niedrige Preise ansetzen kann. Frachtkosten nach Ladung und Aufenthalt wechselnd, höchstens 0,4 Pf. für tkm. (Baxterboote, Frickboote, vergl. Centralblatt für Bauwesen 1885.)

e) **Freifahrendes** Schleppschiff. Betrieb rentirt sich überall, wo genügender Verkehr vorhanden und Gefälle des Flusses nicht zu gross. (Siehe aber auch unter d.) Bellingrath giebt im Pariser Schiff-Congress an, dass freifahrende Schleppraddampfer bei Gefälle über 0,0003 von Tauerei überflügelt werden. Raddampfer bei mässiger Fahrtiefe und starkem Gefälle, Schraubendampfer bei grösserer Tiefe (und weniger starkem Gefälle) angezeigt, Hinterraddampfer neuerdings bevorzugt, namentlich bei kanalisirten Flüssen und engen Schleussen oder nicht vollständig regulirten Nebenflüssen. Auf der unteren Seine 8—10 km in der Stunde Geschwindigkeit. In neuerer Zeit tritt der freifahrende Schleppzug energisch und fast überall mit Erfolg der Kettenschleppfahrt gegenüber. Die jetzigen Schleppkosten sind nicht massgebend, da dieselben oft unter Selbstkostenpreis stehen und für beide Theile nur durch anderweitigen Rhedereigewinn wett gemacht werden. Allem Anschein nach ist die Kettenschleppfahrt der freien Schleppfahrt gegenüber im Nachtheil, sobald Regulirung der Ströme rationell betrieben wird. Die grössten Schlepper auf der unteren Seine sind 40^m lang, $6{,}10^m$ breit, $0{,}98^m$ tief bis 200 HP; auf Strecke Berlin Elbe 65 : 8,2 : 1,3, desgl. Berlin Oder 55 : 8,2 : 1,5.

f) **Tauerei.** Nur noch bei Massengütern und starkem Gefälle lohnend.

α) Seilschifffahrt bei grossen Flusstiefen, da Seil verhältnissmässig viel Raum vor dem Schiff beansprucht. Es ist bis jetzt kaum gelungen, die starke Seilabnutzung verursachende Fowler'sche Seilscheibe zu ersetzen, hierin dürfte wesentliche Verbesserung lohnend sein. Seil nicht unter $0{,}025^m$ stark.

β) Kettenschifffahrt. Die angegebene maschinelle Ausnutzung mit 85% wird in Wirklichkeit sehr selten erreicht, obwohl sie möglich sein kann, schon 60% wirkliche Ausnutzung als Durchschnitt ist hoch gerechnet und bei den unverhältnissmässig hohen Anlagekosten rentirt das Unternehmen allein aus dem Transporterlöse fast nirgends mehr! Die Veröffentlichungen des Pariser Binnenschiff-Congresses 1892 dürften kaum weitere Anhänger dieser Transportart gewonnen haben, so äusserst nützlich dieselbe früher wirkte. Kette im Strom $15—25^{mm}$ stark; Elbekette $22—25^{mm}$ bei 11—15 kg/m. Die Kette ist stets in Länge von 3 Trommelumfängen (und $1{,}12^m$ Durchm.) um die beiden Kettentrommeln geschlungen. Auf Elbe für 30 km Flusslänge ein Kettenschiff; Anhang geht hier wie an der Saale und Seine auf den zu Thal fahrenden Dampfer über, der nun mit demselben zu Berg fährt. Am Neckar bleibt der Anhang an demselben Dampfer auf der ganzen 113 km langen Strecke. Kettenschlepper auf Elbe 60—80 HP.; 48^m lang, $7{,}1^m$ breit und $0{,}5^m$ Tiefgang; Kosten 90 000 Mk.; auf der unteren Seine 100—120 HP.; 40^m lang, $6{,}3^m$ breit und $0{,}85^m$ Tiefgang. Auf Spree und Havel (Kette 23^{mm} stark, 9 kg/m schwer, alle km ein Schloss) 75 HP.; 23^m lang, $4{,}3^m$ breit und $1{,}0^m$ Tiefgang. Geschwindigkeit mit Last höchstens 6 km zu Berg. Im Kanal bei St. Quentin haben Schlepper nur 25—30 HP.: ziehen 5000—6000 t mit 5 km Geschwindigkeit in der Stunde, Schlepplohn 0,2 Pf. für tkm. Das Kettenschiff soll noch Radien von 180^m durchfahren können (?). Schlepppreise allermindestens 0,15 Pf. für tkm nach Casmolles, für die obere Seine 1 Pf. Der Umstand, dass Schlepper auch bei Thalfahrt — namentlich in Curven — am Seil fahren und dasselbe wieder dadurch einrichten muss, wirkt auf rationellen Betrieb stark ein; Versuche bei Thalfahrt mit Schraube allein zu fahren (nach de Bovets

Digitized by Google

Ansicht für die untere Seine eine unerlässliche Forderung) haben Schwierigkeiten ergeben; Versuchsschiff daselbst statt Trommelwindungen elektromagnetisch hervorgerufene Reibung (vergl. Veröffentl. des Pariser Congresses).

g) Elektrischer oder Petroleummotor auf die Kähne leiheweise gestellt zum Fortzug an festliegender Kette oder Tau. Durch Holzspediteur Büsser-Oderberg bereits 1889 vorgeschlagen, (wohl unabhängig davon) 1892 durch Molinos und de Bovet (vergl. Frage 6 des Pariser Binnenschifffahrt-Congresses). Versuche, die wohl lohnend sein dürften, liegen nicht vor. Schon 1861 durch Bouqui ähnlich vorgeschlagen für Strecke Belgien-Paris, jedoch erfolglos concessionirt.

h) Zug am Wandertau. In den unteren Marnekanälen St. Maurice und St. Maur von 1889 bis Juli 1891 und im Oderspreekanal 1891 auf 5 Monate versuchsweise angewandt. Idee von Rigoni-Brescia und Levy, der in den bez. Kanälen alle 24 km eine Maschine 60 HP. setzt, welche Seil ohne Ende auf Rollen von 70—80^{m} Stützweite u. s. w. an den Kanalufern bewegt. Seil 19^{mm} im Oderspreekanal. Geschwindigkeit 0,7—0,8^{m}. Zu theuer. Drell des Taues bewirkt Störungen, die trotz aller „Greifer"-Constructioen nicht gehoben sind. Dürfte eher Zukunft haben wie

i) Lokomotivzug am Ufer. Kanal von Neufossé (1885/86) auf 77 km Länge, Versuchsstrecke 1890 Oderspreekanal. Wird zu theuer, Schwierigkeiten in der Schiffführung bei grosser Geschwindigkeit.

k) Tauerei, Schlepper mit Kette ohne Ende. Durch Depuy de Lôme und Zédé vorgeschlagen und auf Rhône probirt (vergl. Wochenbl. f. Baukunde 1884). Kette taucht am Vordertheil ein, Adhäsion am Boden zur Bewegung hinreichend, wird am Hintertheil aufgenommen. Scheint für Kanäle mit gleicher Tiefe anwendbar.

l) Elektrischer Betrieb. Auf dem Kanale St. Denis wird Motor der Kettenschlepper durch Strom von 100 Volt getrieben. Auf dem Kanal von Burgund wird Turbinenanlage an beiden Enden der Scheitelhaltung zum elektrischen Betrieb mit oberirdischer isolirter Leitung nach Art der Strassenbahnen mittelst Inductorstange benutzt. Hier viel Wasserkraft vorhanden. Auf dem Eriekanal will man hängende Motorwagen einführen (?).

Ueber Wornigh'sche Wasserlokomotive und andere Betriebsarten, sowie Einzelheiten der obigen vergl. Stahl, brennende Fragen, Wiesbaden J. F. Bergmann.

Notizen über Seeschifffahrtskanäle.

Bei der im Bau begriffenen Erweiterung des Suezkanals ist nach Mittheilung des Hrn. Oderstrombaudirectors Pescheck die Mindesttiefe unter gewöhnlicher Springebbe von 8^{m} auf 8,5^{m} gebracht worden. Seit dem 15. April 1890 werden Schiffe bis zu 7,8^{m} Tiefgang im Kanal zugelassen. Vorher war nur 7,5^{m} Tiefgang gestattet.

Der in 8^{m} Tiefe unter gewöhnlicher Springebbe mindestens 22^{m} breite Kanal wird in dieser Tiefe auf 37^{m} Mindestbreite gebracht. Bis Ende 1891 war diese Verbreiterung vom Nordende auf 34 km vom Südende auf 11,5 km ausgeführt, wobei zu bemerken, dass die nicht seeartigen Strecken des im Ganzen 160 km langen Kanals 120 km betragen.

In den erbreiterten Strecken des Kanals sind die Ausweichestellen verschwunden und kreuzen sich die Schiffe überall. Zu dem Ende sind an beiden Kanalufern in Abständen von je 1/30 Seemeile Haltepfähle zum Festlegen des einen Schiffs.

In den Curven treten allmälige Verbreiterungen ein bis auf 10^{m} im Scheitel bei Radien von mehr als 2500 Meter und bis auf 15^{m} bei Radien von 2500^{m} und darunter. Das Kreuzen der Schiffe findet auch in den verbreiterten Curven nicht statt.

Die Verbreiterung des Kanals in oben genannten Tiefen auf 65^{m} von Port Said bis zu den Bitterseen und auf 75^{m} von den Bitterseen bis Suez mit Zuschlagsbreiten für die Curven ist in unbestimmte Ferne gerückt, und wohl ebenso die Vertiefung bis auf 9^{m}.

Digitized by Google

Die Geschwindigkeit der Fahrt beträgt zur Zeit 8,2 km und sollte nach der Erweiterung sich auf 15 km pro Stunde steigern.

Für den neuen Kanal nach Manchester ist eine Wassertiefe von 7,925^{m} vorgesehen, die Sohlenbreite soll auf 3,3 km Länge vor Manchester 51,8^{m}, im Uebrigen nur 36,6^{m} betragen. Es ist hier auch mit Rücksicht auf die Vermeidung von Strömungen in Folge der Ebbe und Fluth die Anlage von Schleusen vorgesehen, und zwar sind 3 von verschiedener, den passirenden Schiffen entsprechender Grösse nebeneinander angeordnet worden, welche unter sich verbunden werden sollen, theils um den Wasserverbrauch zu verringern, theils um keine Zeit für das Warten verlieren zu müssen. Die Schleussen erhalten 152^{m} bezw. 91,5^{m} bezw. 38^{m} Länge bei 18,3^{m} bezw. 12,2^{m} bezw. 7,63^{m} Breite.

Nach Williams hat sich der Tonnengehalt der englischen Handelsschiffe im Mittel von 371 t im Jahre 1883 auf 400 t im Jahre 1887 erhöht, während die Dampfer durchschnittlich 1500—2500 t Gehalt haben.

Nach Rotterdam kommen noch Schiffe bis 7^{m} Tiefgang; die Altonaer neuen Kaianlagen haben 5^{m} Tiefe, der Hamburger Segelhafen soll rd. 7,0^{m} Tiefe erhalten; die Hamburg-Amerikanische Schnelldampfer von 7—8^{m} Tiefe fahren bis Brunsbüttel, Nord-Loyd bis Bremerhafen.

Der Nordostseekanal hat 22^{m} Sohlenbreite, 65^{m} Wasserspiegelbreite und 9,0^{m} Tiefe, gestattet also ein Begegnen der Handelsschiffe, welche bei der Ostseefahrt 6^{m} Tiefgang und 12^{m} Breite nicht überschreiten. Bei 6^{m} Wassertiefe beträgt die Kanalbreite noch 40^{m}. Die Böschungen sind bis zur Höhe von 3^{m} über der Sohle dreifach, von da ab zweifach angelegt. Der grösste eingetauchte Querschnitt eines Handelschiffes beträgt hier 61 qm, der wasserhaltende Querschnitt 365,5 qm, somit beträgt das Verhältniss n rd. 1 : 6. Hierbei ist eine Fahrgeschwindigkeit von 10 km = 5,3 Knoten noch zulässig. Die grössere Tiefe von 9,0^{m} wurde wegen der den Kanal passirenden Panzerschiffe gewählt. Das Längenprofil ist auf der Ostseite horizontal und liegt in Mittelwasserhöhe der Ostsee. An den beiden Kanalenden befinden sich Schleusen, um den Kanal von dem Wechsel der Ebbe und Fluth in der Nordsee und von Sturmfluthen unabhängig zu machen.

Zum Zweck von Entwässerungen zur Ebbezeit hat der Kanal nach Westen bezw. der Elbe zu ein vom 1 : 200000 auf 1 : 25000 zunehmendes Sohlengefäll.

Da der Wasserspiegel der Ostsee fast 11 Monate lang nur um 0,5^{m} + Mittelwasserstand schwankt, so will man die Ostseeschleusen bis zu diesen Abweichungen offen stehen lassen.

Abmessungen der Seekanale (nach Engeneering).

	Länge	Sohlenbreite	Spiegelbreite	Tiefe
Suezkanal	180 km	22^{m}	57^{m}	7,8 ^{m}
Manchesterkanal . . .	55 «	36 «	52 «	7,8 «
Seekanal n. Amsterdam	30 «	24 «	57 «	8,40 «
Nordostseekanal . . .	110 «	22 «	60 «	9,00 «
Panamakanal	74 «	22 «	30 «	8,40 «
Chicago-Illinoiskanal .	67 «	48—60^{m}	50—90^{m}	7—7,80 «

Die Höhe der Meereswogen im atlantischen Ocean beträgt bei Sturm 14—15^{m}, ihre Länge 150—200^{m}, ihre Zeitdauer durchschnittlich 11—12 Min.

Digitized by Google

VERLAG VON J. F. BERGMANN IN WIESBADEN.

Die

Niederschlags- und Abflussverhältnisse

der

Saale.

Mit besonderer Berücksichtigung

der

Häufigkeit der Wasserstände.

Bearbeitet von

R. SCHECK,

Königlicher Wasser-Bauinspector in Breslau.

Mit 7 Tafeln. — Preis Mark 6.—.

INHALT:

I. Die Niederschläge. 1. Umrahmung des Niederschlagsgebietes. 2. Gestaltung der Gebirge im Niederschlagsgebiete. 3. Bodenbeschaffenheit. 4. Oertliche Einflüsse auf die Niederschlagsbewegung. 5. Das Flussnetz im Niederschlagsgebiete. 6. Das Niederschlagsgebiet und dessen Einwirkung auf den Zu- und Abfluss- der Niederschläge. 7. Die Ermittlung der Niederschläge. II. Die Abflussmengen. 1. Die Messungen. 2. Die Wassermengenkurve. 3. Die Ermittlung der Wassermengen. 4. Beziehungen zwischen Niederschlags- und Abflussmengen.

Gerade jetzt, wo die Regulierung der kleinen Nebenflüsse in vielen Fällen eine zuverlässige Unterlage über Niederschlags- und Abflussmengen noch entbehren lässt, wo ferner die Feststellung der Wasserabfuhr unserer deutschen Ströme in landwirthschaftlichem und Schifffahrtsinteresse immer dringender wird, **bieten die vorliegenden Untersuchungen, deren Resultate ohne Zweifel für einen grossen Theil Mitteldeutschlands, entsprechende Anwendung finden können, einen willkommenen Beitrag zur Lösung der brennenden Frage über rationelle Wasserverwerthung.**

Digitized by Google

Kalender

für

Strassen- & Wasserbau- und Cultur-Ingenieure.

Begründet von

A. Rheinhard.

Neu bearbeitet unter Mitwirkung von Fachgenossen

von

R. Scheck,

Königl. Preuss. Wasserbau-Inspector in Breslau.

Geheftеter Theil.

II. Abtheilung.

Fünfundzwanzigster Jahrgang 1898.

INHALT:

Seite

IV. Mechanik. A. Schwerpunkte einiger Flächen und Körper. B. Reibung. C. Elasticität und Festigkeit. I. Elasticitäts- und Festigkeits-Zahlen für verschiedene Materialien, auf 1 qcm bezogen. II. Zug- und Druckfestigkeit. III. Knickfestigkeit. IV. Excentrische Druckbelastung. V. Biegung gerader Stäbe u. s. w. Trägheitsmomente u. s. w. (S. 9) 1

V. Vermessungswesen. I. Horizontalmessungen. A. Messungselemente. B. (Kreuzscheiben-) Aufnahme kleiner Gebiete; Flächenberechnung aus den Messungszahlen; Coord.-Transform. C. Flächenberechnung aus Plänen und Zeichnungen. D. Ausführung und Berechnung der Theod.-Horizontalmess. E. Absteckungen. II. Höhenmessungen. F. Geometrisches Nivellement. G. Trigonometrische Höhenbestimmung. H. Barometrische Höhenmessung. III. Tachymetrie und Aufnahme von Höhencurvenkarten. I. Theodolit- und Messstich-Tachymetrie. K. Bussolentachymetrie. L. Umfassendere Aufnahmen von Höhencurvenkarten grossen Maassstabs; Kosten 14

VI. Tafeln. 1. Verwandlung procentisch oder in Bruchform gegebener Steigungsverhältnisse in Neigungswinkel (alte Theilung, auf 10″ abgerundet) und umgekehrt. 2. Reduction schief gemessener Längen mit gegebenen Neigungswinkeln auf den Horizont. 3. Kreisbogentafeln zum Abstecken nach Coordinaten mit gleichen Abscissenabschnitten von der Tangente aus. 4. Kreisbogentafel zum Abstecken mit Hilfe von Theodolit und 20 m-Messband. 5. Tafel zur genäherten

Fortsetzung des Inhalts-Verzeichnisses siehe III. Umschlagseite!

WIESBADEN

Verlag von J. F. Bergmann.

Die gehefteten Theile allein können nicht abgegeben werden.

Digitized by Google

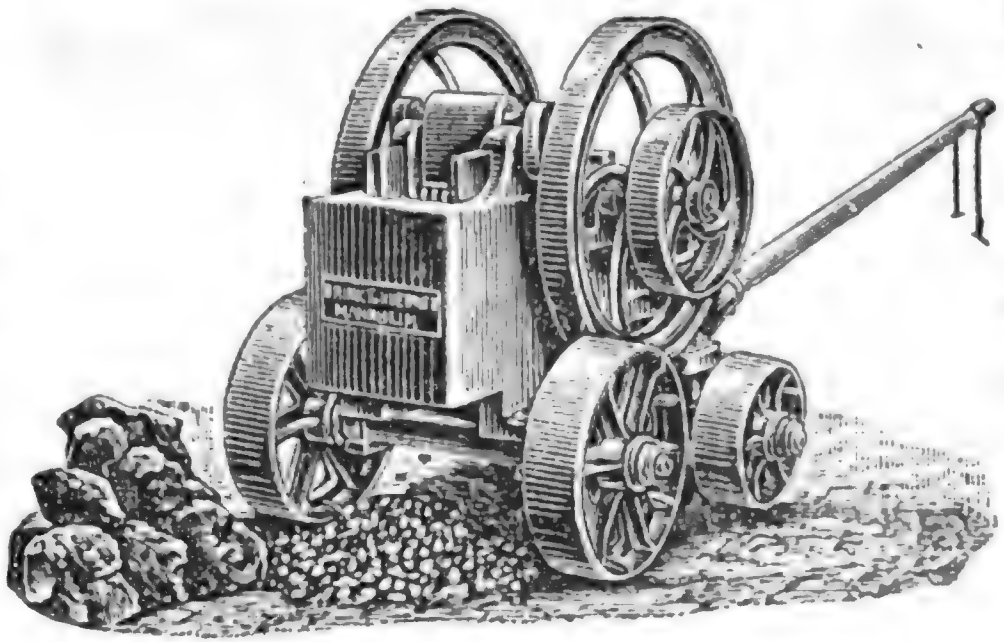
Steinbrecher

neuester Construction,

in **Gusseissen** oder **Gussstahl** ausgeführt, mit und ohne Siebwerke zur Herstellung von

Strassenschotter,

mit einer Leistung von 20 bis 100 Cubikmeter pro Tag



Granulatoren

zur Erzeugung von

Maurersand

aus Gestein irgend welcher Art; beide Maschinen fahrbar oder stabil.

Kieswaschmaschinen

in bewährter Ausführung, sowie sämmtliche sonstige

Zerkleinerungs-Maschinen

liefern in anerkannt vorzüglicher Ausführung

als langjährige Specialität

Brinck & Hübner, Maschinenfabrik,

MANNHEIM.

Feinste Referenzen. Prospecte und Kostenanschläge unentgeltlich und postfrei.

Digitized by Google

Seite

Bestimmung des Halbmessers eines Kreisbogens von 10 m Sehnenlänge (oder Bogenlänge) und der Pfeilhöhe h (in cm). 6. Uebergangscurven. 7. Vermittelung des Gefällwechsels auf Eisenbahnen. 8. Barometrische Höhenbestimmung. 9. Trigonometrische Höhenbestimmung. 10. Tachymetertafeln für Fadendistanzmesser. 11. Tachymetertafel für Messbandbussolenzüge. 12. Tafel der normalen Declination der Magnetnadel (in Graden W.) in Deutschland und Oesterreich-Ungarn für die Zeit 1888,0. 13. Tafel der Meridianconvergenz (in Minuten) . 38

VII. Tafel zum Uebergang von der alten Kreistheilung in die neue 46

VIII. Tafel zum Uebergang von der neuen Kreistheilung in die alte 47

IX. Culturtechnik. Entwässerung von Ländereien Drainage. Bestimmung der Drainrohrweiten. Die Petersen'sche Drainirungsmethode. Die Bewässerung der Ländereien. Die Berieselung mit städtischem Kanalwasser. Moorcultur. Ausschachtungen im Moorboden. Wiesenwässerung und Wiesenwartung. Die Berasung von Wässerungswiesen 48

X. Höhenlage der Meere 66

XI. Geographische Coordinaten 67

XII. Technische Vorarbeiten bei Landesmeliorationen in Preussen 69

XIII. Strassenbau. Maasse u. Gewichte der Strassenfuhrwerke. Unterhaltung von Fuhrwerken und Pferden. Bewegungs-Widerstände. Leistung der Zugthiere. Grundsätze u. Regeln für die Linienführung der Landstrassen. Anlage, Grund- u. Aufriss, Querschnitt städtischer Strassen. Aufsuchung einer Strassenlinie. Berechnung der Auf- und Abträge (Massenberechnung). Vertheilung der Massen, Bestimmung der Beförderungsweiten. Kosten der Erdmassenbeförderung. Unterbau der Strassen (Dämme und Einschnitte). Kunstbauten: Brücken, Durchlässe, Stütz- und Futtermauern. Oberbau der Strassen. Herstellung d. Steingeschläges. Steinbrechmaschinen. Natursteín-Pflaster. Kunststein-Pflaster. Nebenanlagen der Strassen. Unterhaltung der Strassen. Wiederersatz der abgenützten Fahrbahntheile. Angaben über Arbeitsaufwand u. Kosten. Auszug a. d. Verfüg. d. preuss. Handelsminist. von 1871, betr. d. Aufstell. d. Projecte u. Kostenanschläge f. d. Bau von Kunststrassen 72

C. W. Kreidel's Verlag in Wiesbaden.

Untersuchungen

über die

Siemens & Halske'schen Blockwerke

und darausfolgende

Verbesserungen und Vereinfachungen

bei deren Verwendung zur Sicherung des Zugverkehrs.

Von **Martin Boda.**

Mit Abbildungen Preis 2 Mk.

Preisgekrönt vom Verein Deutscher Eisenbahn-Verwaltungen.

Strassenbaukunde.

Von

Ferdinand Loewe,
Ord. Professor der Ingenieur-Wissenschaften an der Königl. Bayer. Technischen Hochschule zu München.

Mit 124 Abbildungen im Texte.

Preis 12 M. 60 Pfg., gebunden 14 M.

Das vorliegende Werk soll in erster Linie ein Lehrbuch für Studirende sein, doch auch den in der Praxis thätigen Männern neben den bestehenden Handbüchern als Nachschlagebuch dienen.

In demselben wird Entwurf, Bau und Unterhaltung von Wegen und Strassen, mit Einschluss der wichtigsten Abschnitte aus der Boden-Fuhrwerks- und Brückenbaukunde behandelt.

Der Stoff ist ein vielseitiger und schwer zu bewältigender. Einerseits verlangt das umfangreiche, zerstreut veröffentlichte oder in Akten vergrabene Erfahrungsmaterial zur gründlichen Durcharbeitung einen sehr beträchtlichen Zeitaufwand; andererseits aber kommen Materien vor, welche sich überhaupt wenig zur Aufnahme in ein Lehrbuch eignen, weil die Ansichten über sie noch nicht genügend geklärt sind, bei welchen es sich deshalb um eine besonders sorgfältige Prüfung der schwankenden Meinungen handelt.

Inhalts-Verzeichniss.

I. Bodenkunde. *Aeussere Gestaltung d. Erdbodens. Innere (geognostische) Beschaffenheit des Erdbodens.*

II. Fuhrwerkskunde. *Strassenfuhrwerke. Bewegungswiderstände. Leistung der Zugthiere.*

III. Entwurf (Projectirung) der Strassen. *A. Grundsätze und Regeln für die Linienführung (das Traciren) der Strassen.* Linienführung nach Verkehrsgesichtspunkten (Commercielle Tracirung). Linienführung nach technischen Gesichtspunkten (Technische Tracirung). a) Strassen ausserhalb d. Städte. b) Ausarbeitung d. Bau-Entwurfs.

IV. Bau der Strassen. *A. Unterbau der Strassen (Dämme und Einschnitte).* a) Construction der Böschungen. b) Construction der Gräben u. Rinnen. *B. Kunstbauten.* Brücken. Durchlässe. Stütz- und Futtermauern. *C. Oberbau der Strassen.* I. Bauweise der Strassen. A. Fahrbahnen. Schotterstrassen (Steinschlag u. Kiesstrassen). Steinpflasterstrassen. a) Naturstein-Pflaster. b) Kunststein-Pflaster. Strassen besonderer Art. Cementstrassen. Asphaltstrassen. Asphaltbeton-Strassen, Pechschotterstrassen. Holzpflasterstrassen. Vergleich zwischen Asphalt u. Holz. Strassen mit Eisenconstruction. B. Sommer- u. Fuss-(Geh-)wege. C. Strassenkreuzungen, Seitenfahrten u. dgl. II. Gütebestimmung der Strassen-Materialien. a) Untersuchung der Materialien in Prüfungsanstalten. b) Gütebestimmung d. Materialien durch Erprobung auf Versuchsstrassen. c) Werthziffern (Qualitätskoëffizienten) für Schotterstrassen. *D. Nebenanlagen der Strassen.*

V. Unterhaltung d. Strassen. A. Strassenreinigung. B. Wiederersatz d. abgenützten Fahrbahntheile. C. Unterhaltung der Sommerwege, Bermen, Böschungen, der Kunstbauten und Nebenanlagen.

Druck von Carl Ritter in Wiesbaden.

Digitized by Google

IV. Mechanik.

Bearbeitet vom Professor Keck zu Hannover.

A. Schwerpunkte einiger Flächen und Körper.

1) **Paralleltrapez.** Der Schwerpunkt S liegt auf der Halbirungslinie AB der parallelen Seiten in einem rechtwinkligen Abstande von der Seite a gleich $\frac{h}{3}\frac{a+2b}{a+b}$. Zur geometrischen Construction mache man $CD = a$, $EF = b$; wo DF die AB schneidet, liegt der Schwerpunkt S.

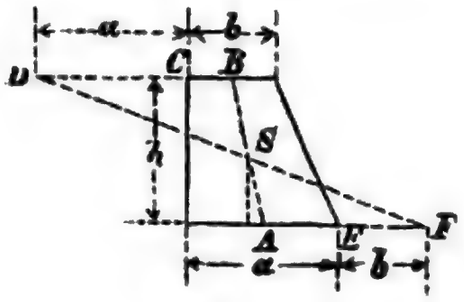


Fig. 1.

2) **Viereck** $ABCD$. Man ziehe AC und BD, trage $BF = DE$ ab, halbire AC in G, ziehe FG und mache $GS = 1/3 FG$, so ist S der Schwerpunkt.

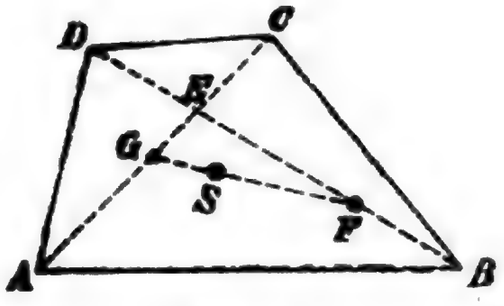


Fig. 2

3) **Kreisausschnitt.** Bezeichnet r den Halbmesser, α den Centriwinkel, O den Mittelpunkt des Kreises, S den Schwerpunkt des Ausschnitts, so ist

$$OS = \frac{4}{3} r \frac{\sin\frac{\alpha}{2}}{\alpha}.$$

4) **Kreisabschnitt.** Bezeichnet F den Flächeninhalt des Kreisabschnitts, s die Sehne, α den Centriwinkel, so ist die Entfernung des Schwerpunkts vom Mittelpunkte:

$$OS = \frac{s^3}{12 \cdot F} = \frac{2}{3} \frac{r^3 \sin^3\frac{\alpha}{2}}{F}.$$

5) **Ringstück** mit den Halbmessern R und r und dem Centriwinkel α; die Entfernung des Schwerpunktes S des Ringstücks vom gemeinschaftlichen Kreismittelpunkte O ist

$$OS = \frac{2}{3} \frac{R^3 - r^3}{R^2 - r^2} \cdot \frac{\sin\frac{\alpha}{2}}{\frac{\alpha}{2}}.$$

6) **Parabel-Fläche:**

$$x_0 = \frac{3}{5} a; \qquad y_0 = \frac{3}{8} b$$

7) **Pyramide und Kegel.** Der Schwerpunkt liegt im rechtwinkligen Abstande $= \frac{h}{4}$ von der Basis.

8) **Kugelabschnitt.** Bezeichnet h die Höhe des Abschnitts, so ist die Entfernung des Schwerpunkts S vom Mittelpunkte O der Kugel:

$$OS = \frac{3}{4}\,\frac{(2r-h)^2}{3r-h}.$$

9) **Beliebige ebene Fläche** (Fig. 3). (Simpson'sche Regel.)

$$a = \triangle x\;\frac{1\,.\,4y_1 + 2\,.\,2y_2 + 3\,.\,4y_3 + 4\,.\,2y_4 + \,..\, + 2n\,.\,y_{2n}}{y_0 + 4y_1 + 2y_2 + 4y_3 + \,..\, + y_{2n}}$$

$$b = \frac{1}{2}\;\frac{y_0^2 + 4y_1^2 + 2y_2^2 + 4y_3^2 + \,...\, + y_{2n}^2}{y_0 + 4y_1 + 2y_2 + 4y_3 + \,...\, + y_{2n}}.$$

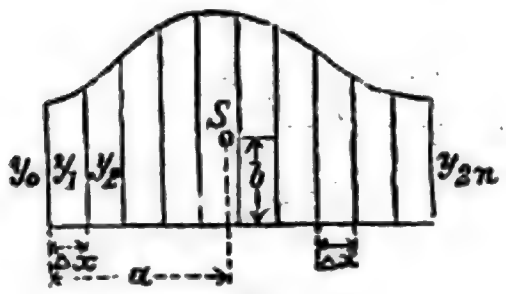


Fig. 3.

Der Ausdruck für a lässt sich auch auf die Bestimmung des Abstands des Schwerpunkts eines Körpers von einer Ebene verwenden, wenn man den Körper durch Schnitte parallel der Ebene in gleicher Entfernung ($\triangle x$) in Elemente zerlegt und für die Werthe y die Inhalte dieser Schnittflächen setzt.

B. Reibung.

1) **Bei fortschreitender Bewegung ist der Reibungswiderstand = Reibungsziffer × Normaldruck.**

Die Reibungsziffern für verschiedene Körper in verschiedenen Zuständen sind folgende:

Reibende Körper.	Lage der Fasern.	Zustand der Oberflächen.	Reibungsziffer der Ruhe.	Reibungsziffer der Bewegung.
Gusseisen				
auf Gusseisen oder Bronze	. . .	wenig fettig	0,16	0,15
	. . .	mit Wasser	—	0,31
		trocken	—	0,49
= auf Eiche	parallel d. Beweg.	mit Wasser	0,65	0,22
		trockene Seife	—	0,19
Schweifseisen				
auf Schweifseisen	. . .	trocken	—	0,44
= auf Gusseisen oder Bronze	. . .	trocken	0,19	0,18
= auf Eiche	parallel d. Beweg.	mit Wasser	0,65	0,26
		mit Talg	0,11	0,08
Bronze auf Bronze . . .	. . .	trocken	—	0,20
= auf Gusseisen	. . .	trocken	—	0,21
= auf Schweifseisen . . .	. . .	etwas fettig	—	0,16
Messing auf Eiche	parallel d. Beweg.	trocken	0,62	—
Eiche auf Eiche	parallel der Bewegung.	mit Wasser	0,65	0,22
		trocken	—	0,49
		trockene Seife	0,44	0,19
«	gekreuzt	trocken	0,54	0,34
		mit Wasser	0,71	0,25
Eichenhirnholz auf Eichenlangholz	parallel	trocken	0,43	019
Walzeisen auf Kies	. . .	. . .	0,42—0,49	—
Holz auf Kies	. . .	. . .	0,46	—
Sandstein-Mauerwerk auf Sandstein-Mauerwerk . . .	. . .	. .	0,7	—

2) **Zapfenreibung.** Für einen Tragzapfen (liegenden Zapfen) ist das Reibungsmoment = Zapfendruck × Halbmesser × Reibungsziffer für einen Stützzapfen (stehenden Zapfen) halb so gross.

Digitized by Google

Für die Zapfenreibungs-Ziffern gilt folgende Tabelle:

Reibende Körper.	Zustand der Oberflächen.	Reibungsziffer, wenn d. Schmiere erneuert wird: auf gew. Art.	ununterbrochen.
Gusseisen auf Gusseisen . . .	geschmiert	0,08	0,054
	fettig	0,14	—
= auf Bronze	geschmiert	0,08	0,054
	fettig	0,16	—
= auf Pockholz	geschmiert	—	0,09
	fettig	0,10	—
Schweisseisen auf Gusseisen	geschmiert	0,08	0,054
= auf Bronze	geschmiert	0,08	0,054
	wenig fettig	0,25	—
= auf Pockholz	geschmiert	0,11	—
	fettig	0,19	—

C. Elasticität und Festigkeit.

I. Elasticitäts- und Festigkeits-Zahlen für verschiedene Materialien, auf 1 qcm bezogen.

a) Tabelle.

Material.	Elasticitäts-ziffer.	Festigkeit.			Elasticitätsgrenze.		Zulässige Inanspruchnahme bei Bau-Constructionen.		
		Zug.	Druck.	Schub.	Zug.	Druck.	Zug.	Druck.	Schub.
	t	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg
Schweisseisen	2000	3500	3500	2800	1600	1600	700–1000	700–1000	500—800
Eisendraht . .	2000	6500	—	—	2400	—	11—1200	—	—
Gew. Stahl . .	2200	5000	6000	4000	3000	3000	15—1800	15–1800	8—1200
Gussstahl . .	2200	7000	8000	4500	4500	4500	2—3000	2—3000	15—2200
Gusseisen . .	1000	1300	7000	1000	600	1600	250–350	5–800	190—220
Kupfer, gehäm.	1160	2500	5000	—	400	400	200	—	—
Messing . . .	1000	1200	4000	—	450	—	220	—	—
Blei, gewalzt .	50	150	500	—	100	—	30	100	—
Hartes Holz: in der Faserrichtung . .	120	800	500	80	250	170	90—120	65—90	22—27
senkrecht zu den Fasern .	19	120	270	125	—	—	—	—	22—27
Weiches Holz: in der Faserrichtung . .	100	700	450	60	200	160	60–90	50—65	7—10
senkrecht zu den Fasern .	9,6	120	270	125	—	—	—	—	16—19
Basalt	—	—	1200	—	—	—	—	60—80	—
Granit	300	40	1000	90	—	--	5—6	50–70	—
Sandstein . .	200	20	350	40	—	—	2—3	25—35	—
Kalkstein . .	350	30	700	60	—	—	3	25—35	—
Ziegel, gute .	—	15	150	12	—	—	1—2	10—15	—
» gew. .	—	6	60	—	—	—	—	6—10	—
Cement . . .	—	10	400	—	—	—	2	20—30	—
Cement-Mörtel (1Cem, 4Sand bis 1 Cem., 1 Sand) . .	157	10—14	100—200	26	—	—	1—2	11—15	—
Kalkmörtel .	—	3	60	—	—	—	0—0,9	7	—
Beton	—	5	60	—	—	—	1,8—2	8—10	—
Glas	800	300	1500	—	—	—	70—100	70—100	—

Digitized by Google

b. Die zulässige Inanspruchnahme s von Schweisseisen

bei Constructionstheilen, deren Spannung zwischen S_{min} und S_{max} wiederholt schwankt, kann nach der Launhardt-Weyrauch'schen Formel berechnet werden:

$$1.\quad s = 700\left(1 + \frac{1}{2}\,\frac{S_{min}}{S_{max}}\right) \text{ für Schweisseisen,}$$

Haben die Grenzspannungen S_{min} und S_{max} ungleiche Vorzeichen so wird der zweite Summand der rechten Seite negativ.

II. Zug- und Druckfestigkeit.

a. Elastische Formänderung.

Die elastische Längenänderung $\triangle l$ eines prismat. Stabes von der Länge l und dem Querschn. F durch die Kraft P beträgt:

$$\triangle l = \frac{l}{E}\,\frac{P}{F};\quad E = \frac{P}{F}\,\frac{l}{\triangle l} \text{ ist die Elasticitäts-Ziffer}$$

$$\sigma = \frac{P}{F} \text{ die Spannung.}$$

$$\varepsilon = \frac{\triangle l}{l} = \frac{\sigma}{E} \text{ heisst die Dehnung.}$$

Die Querdehnung in jeder zu P senkrechten Richtung beträgt $-\frac{\varepsilon}{m}$, ist also bei positiver Längsdehnung eine Verkürzung. Die Ziffer m liegt bei isotropen Körpern zwischen 3 und 4 und wird für Schweisseisen = 4 angenommen.

b. Zulässige Belastung P kg von Seilen und Ketten.

(S. S. 39 des Hauptkalenders.) Es sei d die Stärke des Seiles bezw. des Ketteneisens in cm, dann ist für

	Hanfseile.	Eisendrahtseile.	Gussstahl-Drahtseile.	Ketten.
$d =$	$0{,}12\sqrt{P}$	$0{,}08\sqrt{P}$	$0{,}06\sqrt{P}$	$0{,}03\sqrt{P}$
$P =$	$70\,d^2$	$160\,d^2$	$300\,d^2$	$1000\,d^2$

c. Wandstärke δ cm von Röhren mit innerem Ueberdruck p in at oder kg f. d. qcm.

Bezeichnet d den inn. Durchm. in cm, s die zul. Inanspruchnahme auf Zug in kg f. d. qcm, c eine Constante, welche für Eisenblech 0,3, Gusseisen 0,6—1, Messing 0,4, Kupfer 0,4, Blei 0,2, Zink $0{,}5^{cm}$ beträgt, so ist

$$\delta = \frac{d}{2}\,\frac{p}{s} + c$$

Für Gas- und Wasserleitungsröhren ist p nicht unter 10 zu nehmen.

Für sehr starken inneren Ueberdruck, wo $\frac{p}{s} > 0{,}1$, gilt

$$\delta = \frac{d}{2}\left(-1 + \sqrt{\frac{s + 0{,}75\,p}{s - 1{,}25\,p}}\right).$$

III. Knickfestigkeit.

a. Nach der Euler'schen Formel.

Wird ein an beiden Enden frei beweglicher Stab von der Länge l durch eine Kraft P centrisch belastet (Fig. 4), so hat die den Stab zerknickende Last den Werth

$$P = \frac{EJ\pi^2}{l^2}.$$

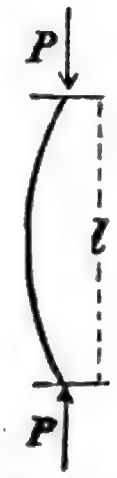


Fig. 4.

Darin bedeutet J das kleinste Trägheitsmoment des Querschnitts (für ringförmige Querschnitte auf S. 43 des Hauptkalenders angegeben); π^2 kann annähernd = 10 gesetzt werden. Als zulässige Belastung für Bauconstructionen darf bei Schweiss- u. Flusseisen $^1/_5$, bei Gusseisen $^1/_6$, bei Holz $^1/_{10}$ der zerknickenden Kraft angenommen werden; ausserdem darf aber die Belastung selbstverständlich den Werth der zulässigen einfachen Druckbelastung nicht überschreiten.

Ist der Stab von der Länge l, an einem Ende eingespannt, am anderen frei beweglich (Fig. 5), so ist $l = 2l$, in obige Formel einzuführen.

Ist der Stab von der Länge l, an einem Ende eingespannt, am anderen Ende drehbar, aber in der ursprünglichen Axe geführt (Fig. 6), so ist $l = 0{,}7\ l$, zu setzen.

Ist der Stab von der Länge l, an beiden Enden eingespannt, so ist $l = 0{,}5\ l$, zu setzen.

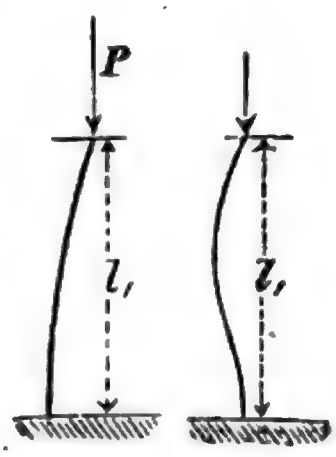


Fig. 5. Fig. 6.

b. Nach der Schwarz'schen Formel.

Wird ein an beiden Enden frei bewegl. gerader Stab von der Länge l durch eine Kraft P centrisch belastet (Fig. 4), so ist der erforderl. Querschnitt

$$F = \frac{P}{s''}\left[\alpha\left(\frac{l}{i}\right)^2 + 1\right];$$

darin bezeichnen s'' die zul. Inanspruchn. auf Druck (vergl. S. 3), i den kleinsten Trägheitshalbmesser (also $Fi^2 = J$ das kleinste Trägheitsmoment) des Querschnitts (vergl. S. 9), α einen Coëfficient., der für Schweisseisen = 0,0001, für Gusseisen und Holz = 0,0002 zu nehmen ist. (Für liegend gegossene Säulen ringförmigen Querschnitts hat man nach Bauschinger wegen meist ungleicher Wandstärke $\alpha = 0{,}0006$ zu setzen.)

Ist der Stab von der Länge l, an einem Ende eingespannt, am anderen frei bewegl. (Fig. 5), so ist $l = 2l$, in obige Formel einzuführen.

Ist der Stab von der Länge l, am einen Ende eingespannt, am anderen drehbar aber in der ursprüngl. Axe geführt (Fig. 6), so ist $l = 0{,}7\ l$, zu setzen.

Ist der Stab von der Länge l, an beiden Enden eingespannt, so ist $= \frac{l,}{2}$ zu setzen.

Bei Gusseisen ist, wenn $\alpha\left(\frac{l}{i}\right)^2 > 3$ wird (also bei sehr ungünstiger Länge), der Werth $\alpha\left(\frac{l}{i}\right)^2 + 1$ mit $2\alpha\left(\frac{l}{i}\right)^2 - 2$ zu vertauschen wenn man den zul. Zug $s' = \frac{1}{2}\ s''$ annimmt. In nachf. Tabelle ist dies berücksichtigt, sowie $\alpha = 0{,}0002$ (für Gusseisen) gewählt

Digitized by Google

Erforderliche Querschnitts-Vergrösserung wegen der Knickfestigkeit. Werthe von $F: \frac{P}{s''}$.

$\frac{l}{d} =$	10	20	30	40	50	60
Schweisseisen.						
Rechteck-Querschnitt, kleinste Seite d .	1,12	1,48	2,08	2,92	4,00	5,32
Kreis-Querschnitt, Durchm. d	1,16	1,64	2,44	3,56	5,00	6,76
Ring-Querschnitt, Durchm. d	1,08	1,34	1,77	2,37	3,14	4,08
Hohles Quadrat, Seite d	1,06	1,26	1,58	2,08	2,60	3,31
+-Querschnitt, Breite d	1,22	1,80	2,99	4,54	6,53	8,97
Gusseisen.						
Kreis-Querschnitt, Durchm. d.	1,32	2,28	3,88	8,24	14,0	21,0
Ring-Querschnitt, Durchm. d	1,17	1,68	2,54	3,74	6,54	10,3
+-Querschnitt, Breite d	1,44	2,77	5,97	12,2	20,1	29,9
Holz.						
Rechteck, kleinste Seite d	1,24	1,96	3,16	4,84	7,00	9,64
Kreis-Querschnitt, Durchm. d. . . .	1,32	2,28	3,88	6,12	9,00	12,5

IV. Excentrische Druckbelastung.

a. Angriffspunkt P der Druckkraft P auf einer Schwerpunkts-Hauptaxe (z. B. Symmetrie-Axe).

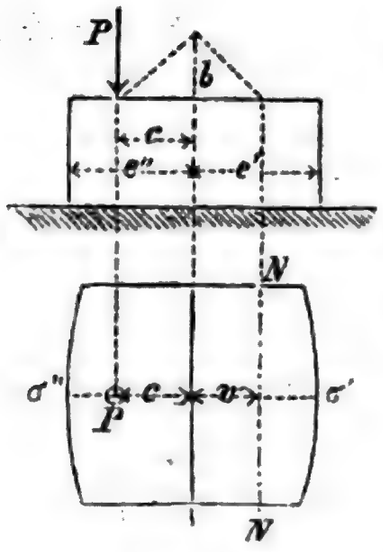


Fig. 7.

Liegt der Angriffspunkt P, der sog. Spannungs-Mittelpunkt, auf der ersten Hauptaxe SH_1 in dem Abstande c vom Schwerpunkt S, ist F der Querschn., $J_2 = Fb^2$ das Trägheitsmom. f. d. zweite Hauptaxe, so ist die stärkste Druckspannung:

$$\sigma'' = \frac{P}{F}\left(c\,\frac{F}{J_2}\,e'' + 1\right) = \frac{P}{F}\left(\frac{c\,e''}{b^2} + 1\right),$$

die stärkste Zugspannung:

$$\sigma' = \frac{P}{F}\left(c\,\frac{F}{J_2}\,e' - 1\right) = \frac{P}{F}\left(\frac{c\,e'}{b^2} - 1\right).$$

Zugsp. tritt nur ein, wenn die Excentricität $c >$ die Kernweite $k_2 = \frac{J_2}{Fe'} = \frac{b^2}{e'}$, wenn also der Spannungs-Mittelpunkt ausserhalb des Kernes liegt.

Die Nulllinie ist vom Schwerpunkt entfernt um $v = \frac{J_2}{Fc} = \frac{b^2}{c}$, was bei gegeb. Trägheits-Halbm. b leicht zu construiren ist (Fig. 7).

Für die Kreisfläche ist die Kernweite $k = \frac{d}{8}$, also

$$\sigma'' = \frac{P}{F}\left(8\,\frac{c}{d} + 1\right);\quad \sigma = \frac{P}{F}\left(8\,\frac{c}{d} - 1\right).$$

Digitized by Google

Für die Ringfläche mit den Durchm. D und d ist

$$k = \frac{D}{8}\left(1 + \frac{d^2}{D^2}\right) \text{ und } \sigma'' = \frac{P}{F}\left(\frac{c}{k} + 1\right);\ \sigma' = \frac{P}{F}\left(\frac{c}{k} - 1\right).$$

Für das Rechteck von der Breite d ist $k_2 = \frac{d}{6}$, also

$$\sigma'' = \frac{P}{F}\left(6\,\frac{c}{d} + 1\right);\ \sigma' = \frac{P}{F}\left(6\,\frac{c}{d} - 1\right).$$

b. Beliebige Lage des Angriffspunktes (Spannungs-Mittelpunktes) P.

Construction der Nulllinie. Sind SH_1 und SH_2 die Schwerpunkt-Hauptaxen, a und b die zugeh. Trägh.-Halbm., $x = PR$ und $y = PQ$ die Coordinaten des Spannungs-Mittelp. P, sind N_1 und N_2 die Schnittpunkte der zugeh. Nulllinie mit den Hauptaxen, so ist der Abstand

$$N_1S = v_x = \frac{b^2}{x} \qquad N_2S = v_y = \frac{a^2}{y}.$$

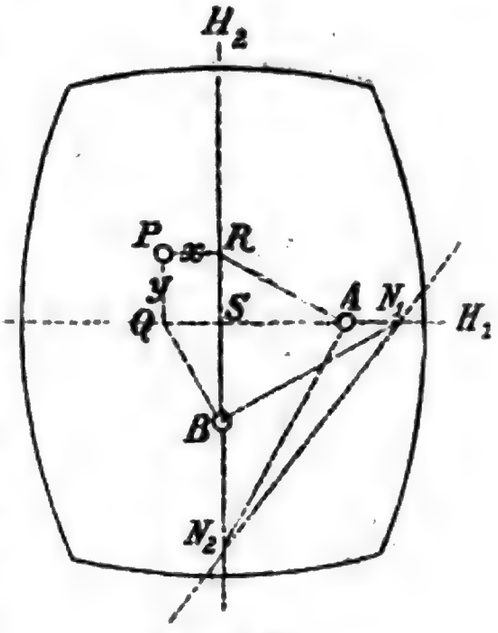


Fig. 8.

Zur Constr. trage man auf jeder Hauptaxe den zugeh. Trägh.-Halbm. ab (nicht etwa ⊥ dazu), mache also $SA = a$, $SB = b$, ziehe QB und dazu ⊥ BN_1, ziehe ebenso RA und dazu ⊥ AN_2. — Umgekehrt kann man zur neutr. Axe N_1N_2 die Coordinaten x und y von P, also den Spannungs-Mittelpunkt selbst bestimmen.

Kern des Querschnitts. Während die Nulllinie den Querschnitt umhüllt, beschreibt der zugeh. Spannungs-Mittelp. P den Umfang des Kernes. So lange P innerhalb des Kernes bleibt, liegt die Nulllinie ausserhalb des Querschn., so dass nur Druckspann. auftreten; liegt P ausserhalb des Kernes, so schneidet die Nulllinie den Querschn. und es kommen auch Zugspann. vor.

Zur Construction des Kernes legt man Tangenten an den Querschn., betrachtet sie als Nulllinien und ermittelt nach obigem Verfahren die zugeh. Spannungs-Mittelpunkte, so sind dies Kernpunkte K. Während aber die Nulllinie sich um einen Punkt (z. B. den Eckpunkt D) dreht, beschreibt der Spannungs-Mittelp. eine Gerade (K_1K_2), so dass man oft nur wenige Kernpunkte zu bestimmen hat.

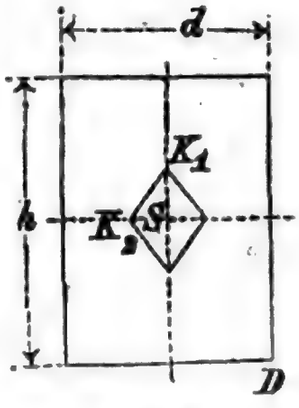


Fig. 9.

Beim Rechteck sind nur die Haupt-Kernweiten

$$SK_1 = k_1 = \frac{h}{6};\quad SK_2 = k_2 = \frac{d}{6}$$

zu bestimmen; der Kern bildet ein Rhombus; auf den Hauptaxen nimmt er das mittl. Drittel ein.

Für symmetrische I-Querschn. von der äusseren Breite d, der Höhe h ist der Kern ebenf. ein Rhombus. Kennt man die Haupt-Trägheitsmom. $J_1 = Fa^2$, $J_2 = Fb^2$, so sind die Haupt-Kernweiten

$$k_1 = \frac{2a^2}{h};\quad k_2 = \frac{2b^2}{d}.$$

Digitized by Google

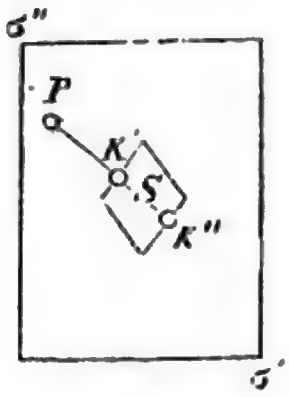


Fig. 10.

Stärkste Spannung. P Angriffsp der Kraft P schneidet $PS = c$ den Kernumfang in K' und K'' und ist $SK' = k'$, $SK'' = k''$, so wird allgem. die stärkste Drucksp.

$$\sigma'' = \frac{P}{F}\left(\frac{c}{k''} + 1\right) = \frac{P}{F}\,\frac{\overline{PK''}}{\overline{SK''}},$$

die stärkste Zugsp.

$$\sigma' = \frac{P}{F}\left(\frac{c}{k'} - 1\right) = \frac{P}{F}\,\frac{\overline{PK'}}{\overline{SK'}}.$$

c. Druckkraft P ausserhalb des Kernes bei Mauerwerk ohne Zugfestigkeit.

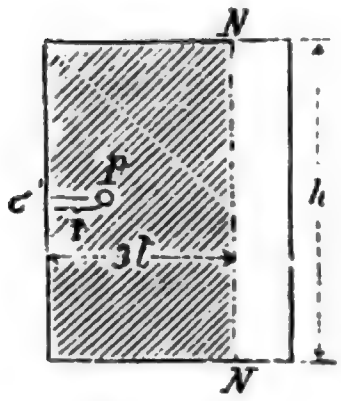


Fig. 11.

Rechteck-Querschn.; P liege auf der ersten Hauptaxe im Abstande t von der nächsten Kante dann bekommt die Breite $z = 3t$ Druck, und an der Kante ist

$$\sigma'' = \frac{2P}{3ht}.$$

Für Kreisquerschnitt vom Halbm. r ist $z = 2^1/_3\,t$ bis $2^2/_3\,t$ und annähernd

$$\sigma'' = 0{,}6\,\frac{P}{t\sqrt{2rt}}.$$

Für beliebige Querschnitte constr. man nach Mohr, wenn P auf einer Symmetrieaxe liegt, die Seilcurve BQC für die gesammte Querschnittsfl. F mit einem Polabstande $= \frac{F}{2}$, zieht zu AP eine Normale durch P, welche die Endtangente BE in G schneidet. Nun legt man eine Gerade GD derartig durch G, dass $\triangle BGD$ = Fläche BQD, oder dass die schraffirten Flächen gleich werden; dann geht die Nulllinie durch D. Macht man dann noch $BK = 2\,\frac{P}{F}$, zieht durch K eine Parallele KM zu BD, so ist der rechtwinklige Abstand des Punktes M von AB, nämlich $ML = \sigma''$.

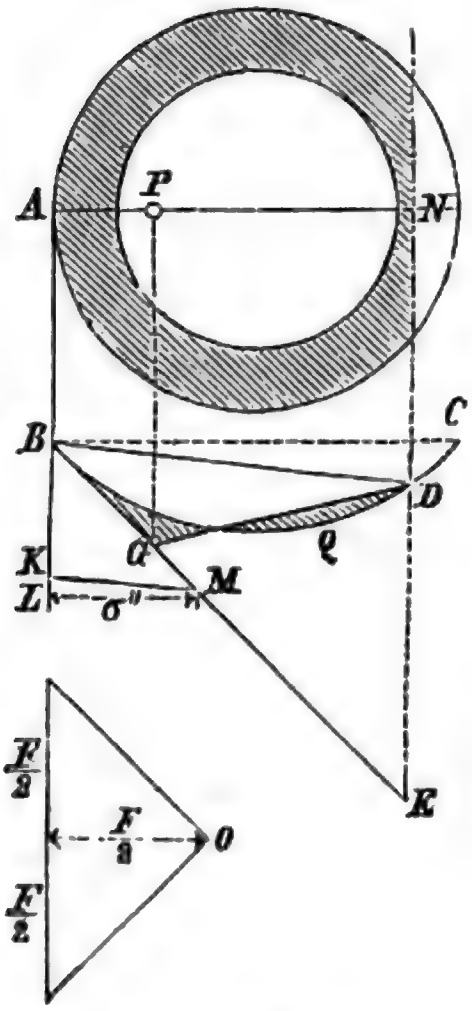


Fig. 12.

V. Biegung gerader Stäbe durch Kräfte rechtwinkl. zur Axe.

Schneidet die Kräfteebene sämmtl. Querschnitte in Hauptaxen, so hat man eine gerade Belast.; sonst eine schiefe.

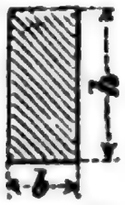
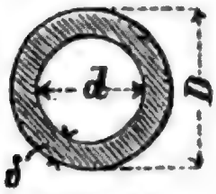
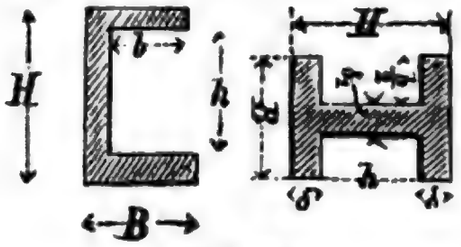
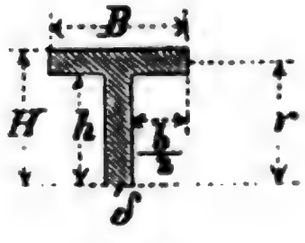
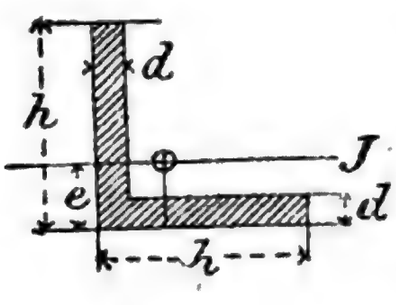
a. Gerade Belastung.

1) **Spannung.** Ist M das Biegungsmoment für einen Querschn., J das Trägheitsm. des Querschn. in Bezug auf die durch den Schwerpunkt gehende Nulllinie, sind e' und e'' die Abstände der am stärksten gezogenen bezw. gedrückten Kanten von der Nulllinie, σ' und σ'' die entspr. Spannungen so ist

$$\sigma' = \frac{Me'}{J}, \qquad \sigma'' = \frac{Me''}{J}.$$

Digitized by Google

2) Trägheitsmoment J und Widerstandsmoment W für verschiedene Querschnitte.

Querschnittsform.	J	$W = \frac{J}{e}$ (wo e sich auf die Unterkante bezieht)
Fig. 13. 	$\frac{b\,h^3}{12}$ $= 0{,}0833\ bh^3$	$\frac{bh^2}{6}$ $= 0{,}167\ bh^2$
Fig. 14.	$\frac{d^4\,\pi}{64}$ $= 0{,}049\ d^4$	$\frac{d^3\,\pi}{32} = \frac{d^3}{10}$, annähernd.
Fig. 15. 	$\frac{D^4 - d^4}{64}\pi$, annähernd: $\frac{\pi\delta}{8}\left(\frac{D+d}{2}\right)^3$	$\frac{D^4 - d^4}{D}\frac{\pi}{32}$, annähernd: $\frac{\pi\delta}{4D}\left(\frac{D+d}{2}\right)^3$
	Vgl. Tabelle S. 43 des Kalenders.	
Fig. 16. 	$\frac{BH^3 - bh^3}{12}$	$\frac{BH^3 - bh^3}{6H}$, annähernd: $B\delta\,(h+\delta) + \frac{\delta_1 h^2}{6}$
Fig. 17. 	$\frac{1}{12}\left[\frac{(BH^3 - bh^2)^2}{BH - bh} - \frac{4\,BH\,bh\,(H-h)^2}{BH - bh}\right]$ annähernd: $\frac{\delta r^3}{12}\,\frac{4n+1}{n+1}$ wenn $n = \frac{B}{H}$ und r die mittlere Höhe.	$\frac{1}{6}\left[BH^2 - bh^2 - \frac{4\,BH\,bh\,(H-h)^2}{BH^2 - bh^2}\right]$ annähernd: $\frac{\delta r^2}{6}\,\frac{4n+1}{2n+1}$ wenn $n = \frac{B}{H}$ und r die mittlere Höhe.
Fig. 18. 	Annähernd ist: $J = Fe^2(1 + 3{,}3\alpha)$ $J_{max} = 0{,}1445\,Fh^2(1+\alpha)$ $J_{min} = 0{,}0381\,Fh^2(1 + 0{,}26\,\alpha$ $e = 1/4\,h + 0{,}366\,d$, wenn $\alpha = 0{,}143 - \frac{d}{h}$ gesetzt wird.	

3) Maximalmomente und Biegungen für verschiedene Stützungs- und Belastungs-Fälle. Trägerlänge l, gleichm. verth. Belast. p f. d, Längeneinh., P Einzellast.

Träger am einen Ende eingespannt, am anderen freien Ende mit P belastet:

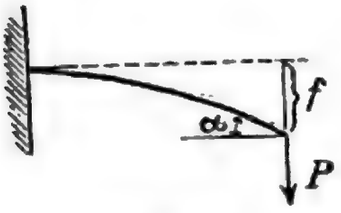


Fig. 19.

$M_{max} = Pl$; Durchbiegung $f = \frac{Pl^3}{3EJ}$,

$\frac{f}{l} = \frac{1}{3}\frac{\sigma}{E}\frac{l}{e}$; Neigung der Biegungslinie am Ende

$tg\alpha = \frac{Pl^2}{2EJ} = \frac{1}{2}\frac{\sigma}{E}\frac{l}{e}$.

Träger wie vorstehend, aber stetig mit p bel.:

Fig. 20.

$M_{max} = \frac{pl^2}{2}$; Durchbieg. $f = \frac{pl^4}{8EJ}$, $\frac{f}{l} = \frac{1}{4}\frac{\sigma}{E}\frac{l}{e}$

Neigung d. Biegungslinie a. Ende: $tg\alpha = \frac{1}{3}\frac{\sigma}{E}\frac{l}{e}$.

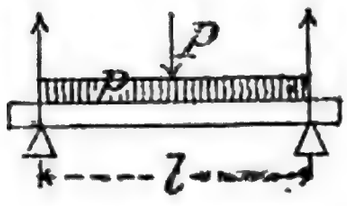


Fig. 21.

Träger auf 2 Endstützen, in der Mitte mit P, ausserdem stetig mit p bel.; (Fig. 21)

$$M_{max} = \frac{Pl}{4} + \frac{pl^2}{8}; \quad f = \frac{8P + 5pl}{384EJ}l^3.$$

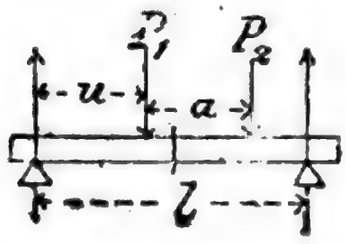


Fig 22.

Träger auf 2 Endstützen, mit 2 Einzellasten P_1 und P_2 in dem (unveränderlichen) Abstande a von einander belastet; unter P_1 ist das Moment $M_1 = \frac{u}{l}\left\{(P_1 + P_2)(l - u) - P_2 a\right\}$. Es sei $P_1 \geqq P_2$. M_1 wird dann das grösste Moment für den Träger, wenn $u = \frac{l}{2} - \frac{a}{2}\frac{P_2}{P_1 + P_2}$, d. h. wenn die Mitte des Trägers mitten zwischen P_1 und der Mittelkraft der beiden Lasten P_1 und P_2 liegt. Es ist dann $M_{1max} = \frac{l}{4}\left\{P_1 + P_2 - P_2\frac{a}{l}\left(2 - \frac{a}{l}\frac{P_2}{P_1 + P_2}\right)\right\}$.

Bei gleichen Lasten $P_1 = P_2 = P$ wird $u = \frac{l}{2}\left(1 - \frac{a}{2l}\right)$ und

$$M_{1max} = \frac{Pl}{2}\left(1 - \frac{a}{2l}\right)^2.$$

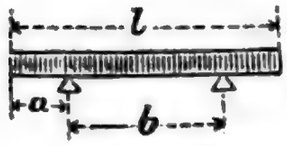


Fig. 23.

Träger von der Länge l, an jeder Seite um a überstehend; Stützen im Abstande $b = l - 2a$; stetige Belastung (Fig. 23):

Stützenmomente: $M_1 = -\frac{pa^2}{2}$; Moment in der Mitte: $M_0 = \frac{pl^2}{8}\left(1 - 4\frac{a}{l}\right)$. Es wird $-M_1 = M_0$ für $a = 0{,}207\ l$ oder $b = 0{,}586\ l$, oder $l = 1{,}707\ b$.

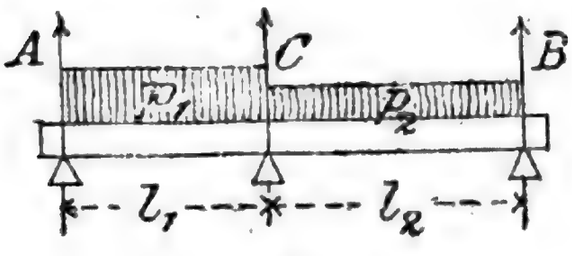


Fig. 24.

4) Träger auf mehreren Stützen, Träger auf 3 Stützen in gleicher Höhe; die Felder l_1 und l_2 mit p_1 bezw. p_2 gleichmässig belastet; dann sind die Auflagerdrücke:

$$A = \frac{p_1(3l_1^3 + 4l_1^2 l_2) - p_2 l_2^3}{8l_1(l_1 + l_2)};$$

$$B = \frac{p_2(3l_2^3 + 4l_1 l_2^2) - p_1 l_1^3}{8l_2(l_1 + l_2)};$$

Digitized by Google

$$C = \frac{p_1 l_1^3 + p_2 l_2^3}{8\, l_1 l_2} + \frac{1}{2}(p_1 l_1 + p_2 l_2);$$

das Moment über der Mittelstütze $M_1 = \frac{p_1 l_1^3 + p_2 l_2^3}{8\,(l_1 + l_2)}$. Für $l_1 = l_2 = l$ wird $A = \frac{7}{16} p_1 l - \frac{1}{16} p_2 l$; $B = \frac{7}{16} p_2 l - \frac{1}{16} p_1 l$; $C = \frac{5}{8}(p_1 + p_2) l^2$ $M_1 = \frac{1}{16}(p_1 + p_2) l^2$.

Für $p_1 = p_2 = p$ wird noch $A = B = \frac{3}{8} pl$; $C = \frac{5}{4} pl$; $M = \frac{pl^2}{8}$.

Träger auf 4 Stützen in gleicher Höhe; völlig symmetrische Anordnung; Endfelder von der Weite l mit der gleichmässigen Einheits-Belastung p_1; Mittelfeld von der Weite ml mit der Belastung p_2. Die Auflagerdrücke sind:

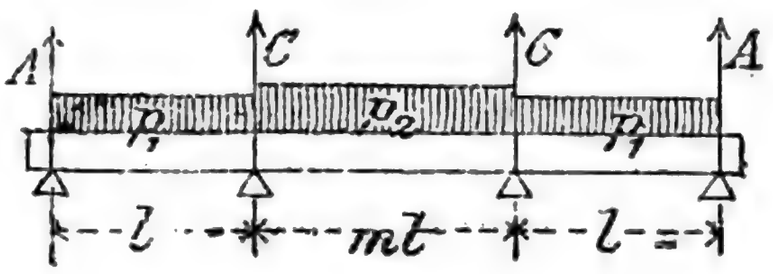


Fig. 25.

$$A = \frac{p_1 l}{2}\left(1 - \frac{1}{2\,(2 + 3m)}\right) - \frac{p_2 l}{2}\,\frac{m^3}{2\,(2 + 3m)};$$

$$C = \frac{p_1 l}{2}\left(1 + \frac{1}{2\,(2 + 3m)}\right) + \frac{p_2 l m}{2}\left(1 + \frac{m^2}{2\,(2 + 3m)}\right);$$

Die Momente an den Mittelstützen:

$M_1 = \frac{p_1 + p_2 m^3}{2 + 3m}\,\frac{l^2}{4}$. Für $p_1 = p_2 = p$ wird $A = \frac{pl}{2}\left(1 - \frac{1 + m^3}{2\,(2 + 3m)}\right)$;

$$C = \frac{pl}{2}\left(1 + m + \frac{1 + m^3}{2\,(2 + 3m)}\right); \quad M_1 = \frac{p\,(1 + m^3)}{2 + 3m}\,\frac{l^2}{4}.$$

Für gleiche Felderweiten ($m = 1$) wird noch $A = \frac{4}{10} pl$;

$C = \frac{11}{10} pl$; $M_1 = \frac{pl^2}{10}$.

Trägerauf beliebig vielen Stützen in gleicher Höhe. Sind das n^{te} und $n + 1^{te}$ Feld des Trägers von den Spannweiten l_n und $l_n + 1$ gleichmässig mit p_n bezw. $p_n + 1$ für die Längeneinheit belastet, so hat man für die Stützenmomente $M_n - 1$, M_n und $M_n + 1$ die Beziehung:

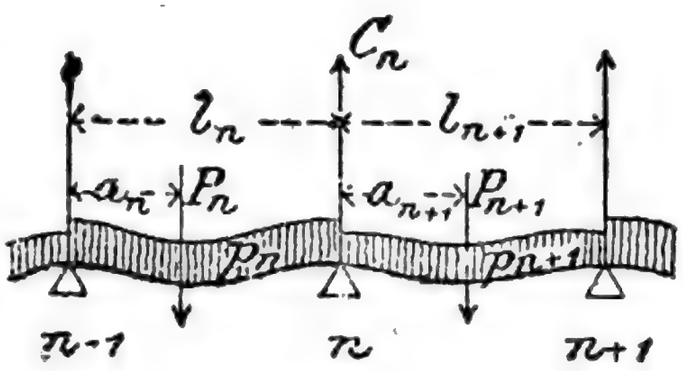


Fig. 26.

$$M_n - 1\, l_n + 2\, M_n\,(l_n + l_n + 1) + M_n + 1\, l_n + 1 = \frac{1}{4} p_n l_n + \frac{1}{4} p_n + 1\, l_n{}^3 + 1.$$

Befinden sich in den beiden Feldern die Einzellasten P_n bezw. $P_n + 1$, welche von der nächsten linksseitigen Stütze um a_n bezw. $a_n + 1$, von der nächsten rechtsseitigen Stütze um $b_n = l_n - a_n$ bezw. um $b_n + 1 = l_n + 1 - a_n + 1$ abstehen, so wird die rechte Seite der letzten Gleichung: $P_n \frac{b_n}{l_n} a_n(l_n + a_n) + P_n + 1 \frac{a_n + 1}{l_n + 1} b_n + 1\,(l_n + 1 + b_n + 1)$.

Sind beide Belastungsarten gleichzeitig vorhanden, so besteht die rechte Seite der Gleichung aus der Summe der Beiträge der verschiedenen Belastungsarten. — Der Auflagerdruck der n^{ten} Stützen ist

$$C_n = C'_n - \frac{M_n - 1}{l_n} + M_n \left(\frac{1}{ln} + \frac{1}{l_n + 1}\right) - \frac{M_n + 1}{l_n + 1},$$

wenn C'_n denjenigen Auflagerdruck bedeutet, welcher durch dieselbe Belastungsart bei einfachen (über den Stützen nicht durchgehenden) Trägern entstehen würde. — Das Biegungsmoment im n^{ten} Felde in einem Abstande x von der Stütze $n - 1$ ist

$$M_x = M'_x - M_{n-1}\left(1 - \frac{x}{l_n}\right) - M_n \frac{x}{l_n},$$

wenn M'_x ebenfalls dasjenige Moment bedeutet, welches durch dieselbe Belastungsart bei einfachen Trägern entstehen würde. Zur zeichnerischen Bestimmung von M_x stellt man zunächst M'_x durch die sogen einfache Momentenfigur dar, trägt in den Auflager-Senkrechten die Stützenmomente M_{n-1} und M_n von der Axe aus nach derselben Seite hin auf, nach welcher M'_x aufgetragen wurde, und verbindet die Endpunkte der Stützenmomente durch eine Gerade, so ist letztere die zum Abmessen von M_x zu benutzende, neue Axe.

b. Schiefe Belastung.

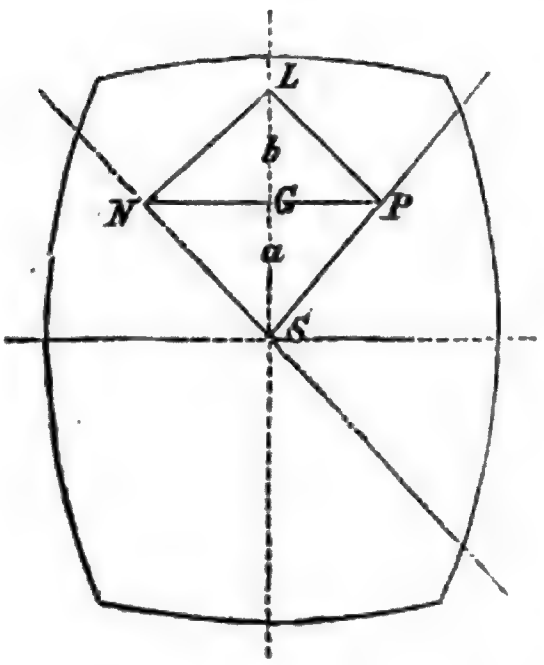


Fig. 27.

1) **Nulllinie.** Bildet die zweite Hauptaxe SH_2 mit der Kräfte-Ebene SP den $\sphericalangle \alpha$, mit der entspr. Nulllinie SN den $\sphericalangle -\beta$ (nach der anderen Seite), so ist

$$\operatorname{tg}\alpha \cdot \operatorname{tg}\beta = \frac{b^2}{a^2}$$

(wenn a der erste, b der zweite Haupt-Trägh.-Halbm.). Man trage $a = SG$ und $b = GL$ hintereinander auf der zweiten Hauptaxe ab und ziehe durch G eine Normale dazu. Schneidet diese die Kräfte-Ebene in P, so ziehe man PL und dazu $\perp LN$, so ist SN die Nulllinie.

2) **Stärkste Spannung.** Ist M das Biegungsmom. für einen Querschn. F und schneidet die Kräfte-Ebene den Kernrand in K' bezw. K'', so dass $k' = SK'$ die untere, $k'' = SK''$ die obere Kernweite, so ist (nach Manderla) die stärkste Spannung oberhalb der Nulllinie $\sigma' = \frac{M}{Fk'}$; ebenso $\sigma'' = \frac{M}{Fk''}$ die stärkste Spannung unterhalb. In der Richtung des kleinst. Kernradius ist der Biegungs-Widerstand am kleinsten. (Hat man den Kern nicht, so zerlegt man M in 2 Momente, deren Ebenen durch die Hauptaxen gehen, berechnet für die am weitesten von der Nulllinie SN entfernten Punkte die Spannungen für jede dieser beiden geraden Belastungen und summirt beide Spann.)

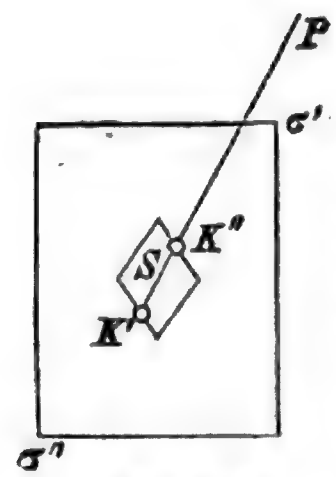


Fig. 28.

c. Trägheitsmomente ebener Querschn.-Figuren.

Sind SX u. SY zwei rechtwinkl. Schwerp.-Axen, $Jx = \int dF \cdot y^2$ und $J_y = \int dF \cdot x^2$ die bezügl. Trägheitsmom., so ist für eine belieb. Schwerp.-Axe SN welche mit SX den $\sphericalangle \alpha$ einschliesst, das Trägheitsmom.:

Digitized by Google

1) $J = J_x \cos^2\alpha + J_y \sin^2\alpha - C \sin 2\alpha$, worin $C = \int dF.\, xy$ das Centrifugal-Mom.

Für die beiden Hauptaxen ist $C = o$; für die erste Hauptaxe SH_1 wird J zum Max. J_1, für die zweite Hauptaxe SH_2 zum Min. J_2. Mit den Hauptaxen als Coordin.-Axen wird

2) $J = J_1 \cos^2\alpha + J_2 \sin^2\alpha$.

1) **Richtung der Hauptaxen.** Für den $\sphericalangle\, \alpha_1$, den eine Hauptaxe mit einer belieb. SX bildet, gilt d. Gl.:

$$3)\ \operatorname{tg} 2\alpha_1 = \frac{2\,C}{J_y - J_x}.$$

Eine Symmetrie-Axe ist stets eine Hauptaxe. Ist erstere nicht vorhanden, so benutzt man vorst. Gl. und berechnet den darin vorkom. Werth C häufig dadurch, dass man in Gl. 1) $\alpha = 45^0$ setzt, den entspr. Werth von J_{45} direct bestimmt und die Gl. nach

$$C = \frac{1}{2}\left(J_x + J_y\right) - J_{45}$$ auflöst.

Zuweilen ist es einfacher, C direct zu berechnen, namentlich dann, wenn die Figur sich aus Theilen zusammensetzt, deren Hauptaxen parallel den gewählten Axen SX und SY sind (z. B. bei einem ungleichschenkl. Winkeleisen. Es ist nämlich für eine Fläche F in Bezug auf Axen, welche gegen die Schwerp.-Hauptaxen um d_1 bezw. d_2 parallel verschoben sind,

$$C = F.\, d_1 . d_2$$

Hiernach kann man für die einzelnen Theile die Centrifugal-Mom. (mit Rücksicht auf die Vorzeichen von d_1 und d_2) bestimmen und summiren.

Hat man nach Gl. 3 den Neigungswinkel α_1 der ersten Hauptaxe gefunden, so wird aus Gl. 2

$$\text{für } \alpha = -\alpha_1: \quad J_x = J_1 \cos^2\alpha_1 + J_2 \sin^2\alpha_1$$
$$\text{für } \alpha = 90 - \alpha_1: \quad J_y = J_1 \sin^2\alpha_1 + J_2 \cos^2\alpha_1;$$

daraus erhält man

$$J_1 + J_2 = J_x + J_y; \quad J_1 - J_2 = \frac{J_x - J_y}{\cos 2\alpha_1},$$

woraus die Haupt-Trägh.-Mom. J_1 und J_2 sich ergeben, nämlich

$$J\binom{1}{2} = \frac{J_x + J_y}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{J_x - J_y}{2}\right)^2 + C^2}.$$

2) **Trägheits-Momente für Parallel-Axen.** Ist J_s das Trägh.-Mom. in Bez. auf eine Schwerp.-Axe, so ist das Trägh.-Mom. in Bez auf eine Parallel-Axe im Abstande d:

$$J = J_s + Fd^2.$$

Z. B. ist das Trägheitsmoment eines Rechtecks in Bezug auf die Kante b: $J = \frac{bh^3}{12} + bh.\frac{h^2}{4} = \frac{bh^3}{3}$.

3) **Trägh.-Halbmesser.** Setzt man $J_1 = Fa^2$; $J_2 = Fb^2$; $J = Fi^2$, so sind a u. b Haupt-Trägh.-Halbm., i irgend ein Trägh.-Halbm. (Trägt man a und b vom Schwerp. aus senkr. zur ersten bezw. zweiten Hauptaxe auf und constr. mit ihnen als Halbaxen eine Ellipse, so ist dies die Central-Ellipse.)

Digitized by Google

V. Vermessungswesen.

Bearbeitet von Prof. Hammer in Stuttgart.

I. Horizontalmessungen.

A. Messungselemente.

1. Längenmessung. Unter den einfachen Werkzeugen liefert grösste Genauigkeit: Lattenmessung längs gespannter Schnur, die Latten (× Querschnitt) dabei mit stählernen Endschneiden versehen, Zwischenräume zwischen je zwei Latten mit Messkeil bestimmt. Sonst gebr. Werkzeuge nach Genauigkeit: 5 *m*-Latten, 3 *m*-Latten, 20 *m*-(Stahl-) Band, Messrad; auszuschl. Messkette.

Die regelmässigen Fehler pflanzen sich fort prop. der gemessenen Länge, die unregelm. prop. der Quadratwurzel aus der Länge also Fehler der Strecke *s*

$$M = k_1 s + k_2 \sqrt{s}$$

Für Lattenmessg. (gerade abgeschn. Enden) längs Schnur k_1 verschwindend, k_2 je nach Bodenbeschaff. und Sorgfalt der Messung etc. 0,0005 bis 0,002. Für *s* in Metern ist ferner (richtige Länge der Messwerkzeuge vorausgesetzt):

für Latten ohne Schnur } $k_1 = -0{,}2$ bis $-0{,}5$ *mm* }, $k_2 = \pm 1$ bis 5 *mm*
« 20 *m*-Stahlband } $k_2 = \pm 2$ « 10 «

Messrad sowohl in Bez. auf k_1 als k_2 so sehr von Bodenbesch. abhängig, dass jeweils besondere Versuche erforderlich. Bei Latten also z. B. bei 100 *m* abgelesener Länge wirkl. Länge 100 *m* — (100.0,2) *mm* = 99,98 *m* mit der zu befürchtenden unregelm. Unsicherheit von z. B. $\pm 3\sqrt{100}$ *mm* = ± 3 *cm*. Die regelmäss. Fehler gewöhnl. Längenmessung oft dadurch im Wesentl. beseitigt, dass man dem Messwerkzeug absichtlich eine wenig zu grosse Länge gibt, z. B. 5 *m*-Latten 5,001 *m* lang macht.

Schief gemess. Längen. Die Strecke L unter Neigungsw. α gemessen gibt auf Horiz. reduz. $l = L \cos \alpha$; Unterschied zwischen L und l gleich $2 L \sin^2 \alpha/_2$ (vgl. Taf. 2). Bei genaueren Längenmess. unregelmässiger Linien Neigsw. jeder Latte (mit Pendel- oder besser Libellen-Gradbogen, geprüft durch Umsetzen), bezw. jedes Bandes (mit einem der in K. 2. erwähnten kleinen Instr.) bestimmt, so lange α nicht $> 15^0$; sonst Staffelmessen: horizontale Latten mit Absenkeln. Bei gleichmässig geneigten Strecken Abzug an der ganzen schiefen Länge (ebenfalls aus 2), oder der aus Tafel 2 zu entnehmende Zwischenraum („Zugabe") zwischen je zwei Latten- oder Bandlagen beim Messen.

II. Winkelmessung. Horiz. Winkel bei angestrebter gleicher linearer Genauigkeit um so genauer zu messen, je grösser die Dimens. der betreff. Figur (je länger die Winkelschenkel).

1) Constante Winkel (90^0, 180^0; ausnahmsweise 45^0) erhält man mit Kreuzscheibe und den Spiegel- und Prismeninstrumentchen je nach Sorgfalt der Arbeit und äusseren Umständen mit einem mittleren Fehler von 2′ bis 8′; Lothe mit diesen Instr. deshalb je nach Anforderg. an Genauigkeit 5 bis 40 *m* lang; bei genauen Kreisabsteckgn. nach rechtw. Coord. die Ord. nicht über 10 *m* lang.

2) Für Winkelmess. untergeord. Genauigkeit: Gradscheibe (Winkeltrommel, Polymeter u. s. f.), ferner vielfach die Bussolen von Nutzen (vgl. I. und K.).

3) Theodolit. Nicht zu schwere Instrumente mit 1′ bis 10″ Nonienlesung (Theilkreisdurchmesser 10 bis 18 *cm*), zur Repetition eingerichtet, mit centr. Fernrohr zu unmittelb. Durchschlagen, sind für Ing.-Zwecke die wichtigsten. Zur Horiz.-Stellung dient am bequemsten eine mit der Alhid. fest verbundene Dosen- oder Röhrenlibelle; letztere (am einen Fernrohrträger) nicht zu entbehren, wenn Höhenkreis vorhanden.

Untersuchung: 1) Umdr. Axe der Alhid. (mit welcher die des Limbus zusammenfallen muss) ⊥ zur Axe, bezw. Spielpunkts-Tangentenebene der Alhid.-Libelle, bei einspielender Lib. also dann vertical: Lib. in einer Lage der Alh. eingespielt und letztere um 180^0 gedreht, Ausschlag zur Hälfte an Lib.-Corr., zur Hälfte an Stell-Schrb. 2) Visir-Axe des Fernrohrs ⊥ zu Kippaxe des letzteren; beste Untersuch.: im Standp. O

wird Richtung OA über O hinaus durch Durchschlagen des Fernrohrs verlängert, wodurch sich Richtung OB_1 als Verlängerung ergibt, in der jetzigen (zweiten) Lage des Fernrohrs wird A wieder anvisirt und das Verfahren wiederholt; die nun als Verläng. sich ergebende Richtung OB_2 schliesst mit OB_1 den 4fachen Collim. Fehler ein: entsprchde. Verschiebg des Diaphragmas. 3) Kippaxe ⊥ Vert.-Axe, d. h. die von der Visiraxe beim Kippen beschriebene Ebene [nach Erfüllung von 2)] muss bei einsp Alhid. Lib. eine Vertical-Ebene sein [Bed. 1)]; beste Untersuch.: als Projection des hochgelegenen Punkts A auf etwa den Horizont des Standp. O ergibt sich in der Fernrohrlage I eine Richtung Oa_1, in der F.-R.-L. II die Richtung Oa_2, die richtige Proj. Richtung Oa halbirt den Winkel a_1Oa_2; Fernrohr auf a gerichtet, nach dem Erheben desselben bis A Wegschaffen der ganzen Abweichung durch Heben oder Senken des einen Fernrohrlagers; a_1 und a_2 am bequemsten als Ablesungen auf horiz. gelegter Nivell.-Latte.

Elim. einer etwa vorhand. Excentric. zwischen Alhidade und Limbus durch Ablesen zweier, etwa 180° von einander absteh. Nonien; übrigens jedenfalls beide Nonien benützen, da Ablesungsfehler bei den hier vorausgesetzten Feldinstr. mit Non.-Ablesg. gross gegen den Fehler beim Einstellen eines Zielpunkts.

Für Messung der Horizontalwinkel genügt die Untersuchung 1), da Fehler, welche von Visiraxe und Kippaxe herrühren, eliminirt werden durch Wiederholung jeder Messung mit durchgeschlagenem Fernrohr und Mittelbildung. Wird der Theod. zu Absteckungen benutzt, so ist er vollständig zu rectificiren.

B. (Kreuzscheiben-) Aufnahme kleiner Gebiete; Flächenberechnung aus den Messungszahlen; Coord.-Transform.

1) Abscissen am besten durchlaufend gemessen (mit Controle); zulässige Länge der Ord. mit Kreuzschb. und Winkelsp. s. A. II, 1. Wenn auf derselben Seite der Aufnahmslinie nahe beieinander eine grössere Zahl längerer Ordinaten zu messen, ist Parallele zur ursprüngl. Absc.-Axe als Hilfs-Aufnahmslinie angezeigt.

2) Berechnung polygonal begrenzter Flächen aus Coord.-Aufnahme der Eckpunkte durch Zerlegung in die Dreiecke und Trapeze, welche durch die Coord. angedeutet; „verschränkte" Trapeze (Aufnahmslinie schneidet die betreff. Polygonseite) ebenso berechnen wie gewöhnliche, nur die beiden Parallelseiten (Ordin.) mit verschiedenem Vorzeichen nehmen. Allgemein giltig ist L'Huilier's Flächenformel: Sind $(x_1y_1), (x_2y_2) \ldots (x_ny_n)$ die rechtwinkl. Coord. der Eckpunkte eines n-Ecks mit aus- oder einspringenden Winkeln, dessen Seiten sich nicht überschneiden, so ist der doppelte Flächeninhalt des Vielecks:

$$\begin{cases} \pm 2F = x_1 (y_2 - y_n) + x_2 (y_3 - y_1) + \ldots + x_n (y_1 - y_{n-1}), \\ \pm 2F = y_1 (x_2 - x_n) + y_2 (x_3 - x_1) + \ldots + y_n (x_1 - x_{n-1}) \end{cases}$$

(jede Absc. mult. mit Differenz der folg. minus vorherg. Ord.; entspr. für Ord.). Drehungssinn von + x nach + y hier gleichgiltig, nur die Vorzeichen der Ord. zu beiden Seiten der Absc.-Axe consequent unterscheiden. Die beiden Formeln geben die Fläche mit verschiedenen Vorz.; Doppelrechnung zur Controle nicht unterlassen. Bildung der Producte: bei kleinen Flächen direct, sonst Rechentafeln (besonders Blater, Tafel der Viertelquadrate) oder Rechenmaschine.

3) Bei Theilungs-Aufg. u. s. f. kommt vor Aufg. der Coord.-Transf., wenn Punkte derselben Figur auf verschiedene Aufn.-Linien bezogen sind. Allgemeine Formeln: Das Coord.-System (x'y') liegt gegen System (x y) so, dass + x im Uhrzeigersinn (gegen + y) um Winkel α gedreht werden muss, um die Richtung + x' zu erhalten, der Ursprung des Systems (x'y') hat im System (x y) die Coord. (a, b). Es bestehen die Beziehungen:

$$\left\{ \begin{array}{l|l} x = a + x' \cos\alpha - y' \sin\alpha & x' = \quad (x - a) \cos\alpha + (y - b) \sin\alpha \\ y = b + x' \sin\alpha + y' \cos\alpha & y' = -(x - a) \sin\alpha + (y - b) \cos\alpha \end{array} \right\}$$

C. Flächenberechnung aus Plänen und Zeichnungen.

1) Abstechen: Polygon zerlegt in Dreiecke oder Vierecke (letztere: Diagonale mal entsprech. Höhensumme); u. U. „Verwandlung" (Querprofile). Ist der Plan durchschnittlich linear um p% eingegangen,

Digitized by Google

so sind die mit den unmittelbaren Abstichen berechneten Flächen zu vergrössern um 2 p% (diese Corr. auch bei folg. 2) u. 3) zu beachten); bei gedruckten Plänen meist zwei zu einander ⊥ Richtungen vorhanden (Richtung, in der sie durch die Walze der Presse gingen und ⊥ dazu), in welchen der lineare Eingang ein Max. und ein Min. zeigt. Ist der erstere p%, der zweite q% (z. B. 1,5% und 1%), so ist eine Strecke l, deren Projection auf die erste Richtung m, auf die zweite n lang ist, zu vergrössern um $\Delta l = \frac{1}{100\ l}(m^2p + n^2q)$. Bei krummliniger, aber einigermassen regelmäss. Begrenzung der zu berechn. Fläche kann Dienste leisten die Simpson'sche Regel.

2) Quadratnetz („Schätzquadrat") oder Parallelennetz („Harfe") auf durchsicht. Papier, Horn, Gelatine für Flächenberechnung geringer Genauigkeit vielfach brauchbar; „Parallelennetz" insbesondere bei Berechnung grösserer Querprofilflächen, wenn die Prof. in best. Massstab, am bequemsten 1:100 auf *mm*-Papier gezeichnet sind: mechanische Zirkel- oder Papierstreifen-Addition der Mittellinien der Trapeze von je 1 *cm* Breite in *cm* gibt unmittelbar Fläche in *qm*.

3) Planimeter. Polarplanim. wegen Einfachheit und Billigkeit meist allen anderen vorzuziehen. Fahrarm und Stange durch Scharnier verbunden; der erstere endigt in Entfernung a (die verändert werden kann) vom Sch. im Fahrstift, der letztere in der Entf. b vom Sch. in dem während einer Flächenbestimmung festzusetzenden Pol. Hinter dem Sch. ist am Fahrarm befestigt das Rad vom Umfang u (Entfernung des Radrands vom Sch. = c) und das Zählwerk für die Umdrehungen des letzteren. Ablesung der ganzen Radumdrehungen auf der Zählscheibe, bis 0,001 Umdr. auf dem Rollenrand; n ist im folg. die Anzahl der Radumdrehungen beim Umfahren einer bestimmten Figur (Zählwerksablesung am Ende der Umfahrung minus Ablesung am Beginn), f die zu bestimmende Fläche des Plans.

Für Pol ausserhalb Figur ist $f = n.au$,

» » innerhalb » » $f = n.au + C$, wo $C = \pi(a^2 + b^2 + 2ac)$.

Für Pol ausserhalb also die Constante, mit welcher die Radumdrehungszahl zu mult., um f zu haben, nur abhängig von a und u; man macht hier am bequemsten au = 100 *qcm* = 1 *qdm* und zwar durch Versuche mittelst einer Probefigur von genau bekanntem Inhalt, z. B. Quadrat von 100 *qcm*. Die Figuren sind bei Pol ausserhalb im Uhrzeigersinn zu umfahren, um positive Veränderung des Zählwerksstands zu bekommen. Beisp.: Bei 3 mal. Umfahrung der Fläche 100 *qcm* haben sich die Ablesg. ergeben 7,538 (Anfang), 8,535, 9,530, (1)0,526; Mittel der Diff. (Radumdr. für 1 Umfahrung) = 0,996; damit au = 100 *qcm* wird, muss also a verkleinert werden (n zu klein) um 0,4%; neue Versuche u. s. f. Bei Bestimmung von Flächen geben dann die Zahlen der Radumdrehungen unmittelbar *qdm*. Die Lage des Pols so wählen, dass, wenn der Fahrstift etwa in den Schwerpunkt der zu bestimm. Fig. gesetzt wird, Arm und Stange ungefähr ⊥ aufeinander. Grosse Fig. entweder zerlegt oder auch berechnet mit Hilfe der Stellung:

Pol innerhalb. Durch Abmessen von a, b, c ist C genähert zu bestimmen, genauer mit Hilfe einer Probefig. Als solche empfiehlt sich hier ein Kreis von genau 10 oder 15 *cm* Halbmesser: in eine dünne Metallschiene sind in dieser Entfernung 2 Löcher eingestochen, von denen durch das eine die Polnadel gesteckt wird, während das zweite (Vertiefung) den Fahrstift aufnimmt. Bei Pol innerhalb (etwa im Schwerpunkt) umfährt man die Fig. entgegengesetzt dem Uhrzeigersinn, da sich hier bei dieser Drehrichtung die Ablesungen des Zählwerks vergrössern, hat aber dann in der obigen Gleichung n negativ zu nehmen, d. h. es ist n.au von C abzuziehen. Beisp.: es ist a u genau = 100 *qcm* gemacht worden (s. ob.); mit Schiene 10 *cm* (also bei Umfahrung der Fläche 314,16 *qcm*) erhält man bei negativem Drehsinn die Ablesgn.: 1,348, (1)8,930, (3)6,510, (5)4,096 (beachte, ob 18,.. oder 28,...!); Mittel der Diff. 17,583, demnach da au = 100, C = 314,2 + 1758,3 *qcm* = 2072,5 *qcm*. Die C beträgt für die gebräuchlichste Constr. der Polarplan. (Amsler) bei derjenigen Länge von a, welche au = 100 *qcm* macht, 1900 bis 2200 *qcm*; Bestimmung von C selbst ausführen (mit Normalmaassen der Probefiguren) da die angegebenen Werthe oft nicht zuverlässig.

Genauigkeit der Flächenbest. mit dem gewöhnl. Polarplan. grösser bei Pol ausserhalb als innerh. der Fig.; im ersteren Fall bei

Digitized by Google

Flächen von 50 bis 300 *qcm* der mittlere zufällige Fehler einer Umfahrung (bei Wiederholung d. Umfahrung von gleicher Polstellung aus) etwa 2 Nonien-Einheiten (wenn die Non.-Einheit wie es für au = 100 *qcm* der Fall ist, 10 *qmm* vorstellt), also bei Flächen von 100, 200, 300 *qcm* bezw. 0,2 %, 0,1 %, 0,05 % der Fläche, dazu regelmässige Fehler wegen Polstellung. Der Unterschied der Gen. jedoch bei sorgfältiger Bestimmung von C und für den Fall, dass a und b nahezu gleich lang, was bei au = 100 *qcm* etwa zutrifft, nicht so gross, als meist angegeben, so dass die Innenstellung des Pols nicht so ängstlich zu vermeiden ist. Auch Irrthümer („berüchtigte Constante") sind bei Festhaltung der obiger Vorsichtsmassregeln ausgeschlossen. Gewöhnlich wird jede Figur zweimal umfahren; gewisse Fehlereinfl. elim., wenn das erste mal ⇢, das zweite mal ⇠ gefahren wird (die erste Umfahrung jedenfalls in dem oben angegebenen Drehsinn). Am bequemsten (bes. bei häufig wechselnden Massstäben) rechnet man stets, wie im vorstehenden, die Fläche f in natürl. Maass (*qcm*) des Plans und bestimmt erst nachher die entsprechende wirkliche Fläche aus (1 : M Massstab der Zeichnung oder des Plans)

$$F = f \cdot M^2.$$

Bei anderen Einstellungen von a derart, dass in bestimmten Massstäben die Non.-Einheit einer bestimmten Flächeneinheit entspricht, darf a nicht zu klein werden, da sonst Stabilität Noth leidet.

Von neueren Plan.-Constr. wegen vorzüglicher Resultate und der Möglichkeit, sehr grosse Flächen (besonders beliebig lang gestreckte) auf einmal umfahren zu können, besonders erwähnenswerth Rollplanimeter von Coradi (Zürich): spec. Fall des Polarplan. mit Pol in ∞ Entfg. (b = ∞, also Pol stets ausserhalb); das Scharnier wird mit Hilfe zweier geriffelter Rollen so geführt, dass es sich nur in einer Geraden hin- und herbewegt.

D. Ausführung und Berechnung der Theod.-Horizontalmess.

1) Berechnung ebener Dreiecke s. b. Mathematik S. 2 d. geb. Theiles.

2) Pothenot's Viereckaufg. In dem Viereck $P_1P_2P_3P$ sind gegeben $P_1P_2 = a$, $P_2P_3 = b$, $\sphericalangle P_1P_2P_3 = \gamma$, und die $\sphericalangle P_1PP_2 = \alpha$, $P_3PP_2 = \beta$, unter welchen in P die Strecken a und b erscheinen. Gesucht die Entfernungen PP_1, PP_2, PP_3 und die Winkel in P_1 und P_3. — Mit den Bez. der Fig. ist

$$\varphi + \psi = 360^0 - (\alpha + \beta + \gamma);$$

Hilfsw. λ aus $\operatorname{tg}\lambda = \dfrac{a}{\sin\alpha} : \dfrac{b}{\sin\beta}$ gibt

$$\operatorname{tg}\frac{\varphi - \psi}{2} = \operatorname{tg}\frac{\varphi + \psi}{2}\operatorname{ctg}(45^0 + \lambda),$$

womit φ, ψ bekannt; ferner

$$PP_1 = \frac{a}{\sin\alpha}\sin(\alpha + \varphi);\quad PP_3 = \frac{b}{\sin\beta}\sin(\beta + \psi)$$

$$PP_2 = \frac{a}{\sin\alpha}\sin\varphi \text{ und} = \frac{b}{\sin\beta}\sin\psi \text{ (Probe).}$$

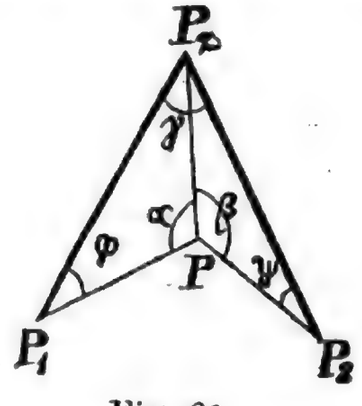


Fig. 29.

3) Hansen's Viereckaufgabe: unzugängliche Distanz. Im Viereck BCA_1A ist gegeben $BC = a$, die Winkel β, γ; β_1, γ_1 (vgl. Fig. 30) gesucht $AA_1 = e$ (oder gegeben AA_1, gesucht BC). Die zwei Fälle zu unterscheiden, wenn A und A_1 auf derselben oder auf verschied. Seiten von BC liegen; im ersteren heisst es mit nebenst. Bezeichn. überall $(\beta - \beta_1)$, im zweiten $(\beta + \beta_1)$, im Uebrigen die Auflös. dieselbe

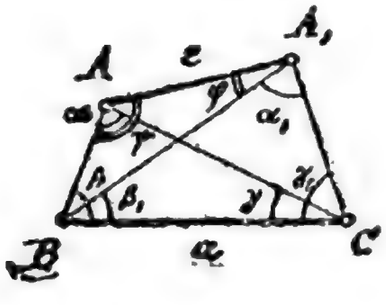


Fig. 30.

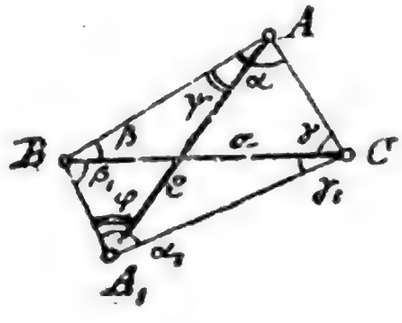


Fig. 31.

Digitized by Google

$$\varphi + \psi = 180^0 - (\beta \mp \beta_1); \quad \text{Hilfsw. } \lambda \text{ aus}$$

$$\operatorname{ctg} \lambda = \frac{\sin \gamma}{\sin \alpha} : \frac{\sin \gamma_1}{\sin \alpha_1}, \quad \text{wobei}$$

$$\alpha = 180^0 - (\beta + \gamma), \quad \alpha_1 = 180^0 - (\beta_1 + \gamma_1), \text{ gibt}$$

$$\operatorname{tg} \frac{\varphi - \psi}{2} = \operatorname{tg} \frac{\varphi + \psi}{2} \operatorname{ctg} (45^0 + \lambda), \text{ womit}$$

φ, ψ bekannt; endl. ist mit $q = \frac{\sin \gamma}{\sin \alpha} \cdot \frac{\quad}{\sin \varphi}$ und $= \frac{\sin \gamma_1}{\sin \alpha_1} \cdot \frac{1}{\sin \psi}$ (Pr. 1)

$$e = a\, q \sin (\beta \mp \beta_1), \text{ woraus e, bezw. a.}$$

4) **Grundformeln für trig. Rechn. im rechtw. Coord.-Syst.** Voraussetzung: $+ x$ muss um $+ 90^0$ gedreht werden (Beziff. der Theilung am Theod.-Horiz.-Kreis), um in die Richtung $+ y$ zu kommen. Richtungswinkel (x, P_1P_2), kürzer (P_1P_2) der Verbindungsstrecke der Punkte P_1 und P_2 ist Winkel, um welchen die durch den Anfangspunkt P_1 gezogene Parallele zu $+ x$ im $+$ Drehsinn gedreht werden muss bis zum Zusammenfallen mit Richtung P_1P_2. Es ist

(1) $(P_2P_1) = (P_1P_2) \pm 180^0$; ist allgemein in P_1 der Winkel zwischen P_2 links und P_3 rechts gleich β, so ist

(2) $(P_1P_3) = (P_1P_2) + \beta$;

(β also abziehen, wenn es den Winkel von P_3 gegen P_2 hin gezählt bezeichnet).

Alle ff. Aufg. führen ausser auf die Def. Glchg. (1), (2) auf die zwei Grundaufg. zurück:

a. Gegeben zwei Punkte P_1, P_2 durch ihre Coord. (x_1y_1), (x_2y_2), gesucht die Strecke $P_1P_2 = a$ und ihr Richtungswinkel (P_1P_2).

(3) $\begin{cases} \operatorname{tg} (P_1P_2) = \dfrac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \text{ (Endpunkt voran!; eindeutig, sin Vorz. des Zählers, cos Vorz. des Nenners).} \\ a = \dfrac{y_2 - y_1}{\sin (P_1P_2)} \text{ und } = \dfrac{x_2 - x_1}{\cos (P_1P_2)}. \end{cases}$

b. Vom Punkt (x_1y_1) geht die Strecke a unter Richt.-W. α aus; die Coord. des Endp. werden nach (3):

(4) $x_2 = x_1 + a \cdot \cos \alpha$; $y_2 = y_1 + a \cdot \sin \alpha$ . . . . . .]

5) **Stationirung (Zugmessung).**

$(n + 1)$ Punkte 0, 1, 2, ... n werden nach Reihenf. ihrer Nummerirung geradlinig verbunden. Die gemessenen Seitenlängen seien mit a bezeichnet und zwar hat jede Seite als Index die Nummer ihres Endpunktes im Sinn der Zugnummerirung, so dass a_r die Strecke zwischen den Punkten $(r - 1)$ und r. Die Richt.-W. der Seiten seien mit α bez. und zwar ist α_r der Richt.-W. von a_r. Die in 1, 2 . . . . $(n - 1)$ gemessenen Polygonwinkel sind A_1, A_2 . . . A_{n-1} und zwar ist A_r der Winkel, um den in r die Richtung nach $(r - 1)$ im $+$ Drehsinn zu drehen ist, um sie in die Richtung nach $(r + 1)$ zu bringen. Aus den gegeb. od. beliebig angenomm. Coord. einer Ecke und dem geg. od. bel. ang. Richt.-W. einer Seite sind die Coord. der n übrigen Ecken zu bestimmen.

Sind gegeben: (x_0y_0) als Coord. der Ecke 0 und α_1 als Richt.-W. der ersten Seite a_1 $(0 - 1)$, so finden sich [gemäss (1), (2) und (4)] die Richt.-W. und Coord. recurrirend aus Gl. (5) und (6):

(5) $\begin{cases} \alpha_2 = \alpha_1 + A_1 \mp 180^0. \\ \alpha_3 = \alpha_2 + A_2 \mp 180^0. \\ \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \\ \alpha_n = \alpha_{n-1} + A_{n-1} \mp 180^0, \end{cases}$

Digitized by Google

$$(6)\quad \begin{cases} x_1 = x_0 + a_1 \cos \alpha_1 & y_1 = y_0 + a_1 \sin \alpha_1 \\ x_2 = x_1 + a_2 \cos \alpha_2 & y_2 = y_1 + a_2 \sin \alpha_2 \\ \cdots \quad \cdots & \cdots \quad \cdots \\ x_n = x_{n-1} + a_n \cos \alpha_n & y_n = y_{n-1} + a_n \sin \alpha_n \end{cases}$$

Addit. von (5) und (6) gibt theilweise Controle der Rechnung.

Ausrechnung von (5) und (6) schematisch fünfstellig oder (meist genügend) vierstellig; auch Coord.-Tafeln zu verwenden, die wichtigsten sind: Liebenam, Tafeln der vielfachen sin und cos, alte T.; Defert, Tafeln zur Ber. rechtw. Coord. (Berlin), Winkel in alter Theilung und in neuer T.; Clouth, Taf. z. Ber. gon. Coord., Winkel in neuer Theilung und alter T.; Stellbogen, Tab. rechtw. Coord. (Berlin 1885) R. Lloyd Gurden, Traverse Tables (London), Intervall 1′ a. T., Coord. auf 4 Decimalen, sehr bequem (auch für 6. z. T.).

Mit Transp. und Massstab sollten Züge nur aufgetragen werden im Fall sehr ungenauer Messung der A (Gradscheibe, Bussole), sogar in diesem Fall übrigens oft der verschwindende Zeitaufwand für Rechnung durch rascheres und sicheres Auftragen (mit Proben) eingebracht.

Messung: Seiten zweimal, das einemal abgesetzt, auf dem Rückweg durchlaufend; Winkel bei gröss. Stat. mit 20″ Theod. je einmal in jeder F. R. L., bei kurzen oder untergeord. Polyg. entspr. ungenauer. Zug möglichst strecken (die A möglichst bei 180°); Seiten mögl. gleich lang, zwischen 60 und 200 *m*, keinesfalls unter 30 *m*; je kürzer Seiten desto schärfere Centrirung von Standpunkten und Zielpunkten.

Geschlossener und angeschl. Zug. Fällt Ecke n auf 0 so hat man (geschl. Polyg.) die Messungsproben $\Sigma A = k.180^0$; $x_n = x_0$ $y_n = y_0$. Sind die beiden Endp. des Zugs durch ihre Coord. gegeben (trigon. Signalpunkte), so liegt wesentlich derselbe Fall vor (angeschloss. Zug): Gegeben $(x_0\ y_0)$, $(x_n\ y_n)$, ausser den oben angegeb. Polyg.-W. noch gemessen in 0 der Winkel A_0 zwischen einem weiteren gegeb. Festp. I [Coord. $(x_I\ y_I)$] und der Ecke 1, in n der Winkel A_n zwischen (n—1) und Festp. II $(x_{II}\ y_{II})$. Aus $(x_I\ y_I)$, $(x_0\ y_0)$, A_0, bezw. aus $(x_{II}\ y_{II})$, $(x_n\ y_n)$, A_n folgt gemäss (3) und (2) der Richt.-W. α_1, bezw. α_n, also $(\alpha^n - \alpha_1)$ vorgeschrieben. Aus (5) ist $\Sigma A = \alpha_n - \alpha_1 + k.180^0$. — Im Fall des angeschloss. wie des geschl. Polyg. demnach zunächst die A so zu verbessern, dass ΣA mit ihrem Sollwerth stimmt. Wenn die Zugseiten ziemlich gleich lang, gleichmäss. Vertheilg. des Winkelwiderspruchs, sonst grössere Verbess. für die W. mit kürzeren Schenkeln (prop. Σ der recipr. Werthe je zweier Seiten.) Der Zug mit den verbess. A berechnet, gibt noch einen Widerspruch von $(x_n - x_0)$ bezw. $(y_n - y_0)$ gegen ihre Sollwerthe; Verbess. der einzelnen $a.\cos\alpha$ und $a.\sin\alpha$ prop. ihren absol. Werthen oder prop. den Seitenlängen.

Genauigk.: ΣA darf in wichtigen angeschl. Zügen von ihrem Sollwerth um höchstens $1'\sqrt{n}$ abweichen, die Schlussfehlerstrecke (nach Verbess. der A), d. h., wenn $(x_n'\ y_n')$ die Coord. des Punkts n′ sind, in welchen der Zug statt nach $(x_n\ y_n)$ führt, der Betrag $\sqrt{(x_n'-x_n)^2+(y_n'-y_n)}$ darf keinesfalls über $0{,}04\sqrt{\Sigma a}$ betragen. Geschl. Polyg. nur für kleine oder untergeord. Polygon., genaue Beachtung der Lattenlänge („Stangencorrection“).

Zeigt sich beim Schluss des geschl. oder angeschl. Polyg. in Folge eines groben Versehens beim Messen eine grobe Abweichung in $(x_n' - x_n)$ und $(y_n' - y_n)$, so lässt sich der Fehler erkennen, wenn nur Ein solcher vorliegt: bei einem groben Seitenfehler liegt die Fehlerstrecke n′n (nahezu) parallel zu der fehlerhaften Seite und ihre Länge entspricht dem groben Fehler; bei einem groben Winkelfehler (in Σ A unmittelbar sich zeigend) geht Mittelloth von n′n durch die Fehlerecke. Graphische Untersuchung genügt.

6) (Klein-) Triangulirungs-Aufgaben.

a. Aufgabe der einfachen Triangulirung: Einschaltung eines Neupunktes ins Triang.-Netz durch Vorwärtseinschneiden. — Gegeben die Coord. $(x_a\ y_a)$, $(x_b\ y_b)$ der Festpunkte A, B, gemessen die Winkel α, β, γ' des Dreiecks ABC. Gesucht die Coord $(x_c\ y)$ von C.

Bezeichnung, um Zweideut. von C zu vermeiden: auf der gegeb. Strecke AB stehend und gegen C sehend, soll der zur Linken liegende Punkt A sein. Abweichung in $(\alpha+\beta+\gamma')$ von 180° bei gleich gen Messung der Winkel gleichm. vertheilt. Winkelmessung meist durch einige Repet, äuss. zuläss. Fehler der Winkelsumme je nach geford. Gen. und nach Länge der Dreieckseiten 10″ bis 1′. Als Contr., wenn der dritte Winkel ohne umständl. Centrirung nicht gemessen werden kann, u. U. Messung der Ergzg. der beiden zugängl. W. auf 360° oder Wiederholung der Repet. von rechts nach links. Gemäss (3), (2) und (4) wird

$$\text{tang}\,(AB) = \frac{y_b - y_a}{x_b - x_a};\quad AB = \frac{y_b - y_a}{\sin\,(AB)}\ \text{u.}= \frac{x_b - x_a}{\cos\,(AB)};$$

$$(AC) = (AB) - \alpha\,;\ (BC) = (AB) + \beta \pm 180^0.$$

(links Subtrahiren, rechts Addiren).

$$AC = \frac{AB}{\sin\gamma}\sin\beta \qquad BC = \frac{AB}{\sin\gamma}\sin\alpha;$$

$$\left.\begin{aligned} x_c &= x_a + AC\cos\,(AC)\ \text{und} = x_b + BC\cos\,(BC)\\ y_c &= y_a + AC\sin\,(AC)\ \text{und} = y_b + BC\sin\,(BC)\end{aligned}\right\}\ \text{(Proben!)}$$

b. Rückwärtseinschneiden über drei gegebene Festpunkte (Pothenot'sche Best.) Winkelmessung auf dem Neupunkt allein auszuführen. — Gegeben die Coord. (x_1y_1), (x_2y_2), (x_3y_3) der Festpunkte P_1, P_2, P_3; in P gemessen die Winkel α zwischen P_1 und P_2, g zwischen P_2 und P_3 [(vergl. 2) nebst Fig.]. Gesucht Coord. von P. Aus den gegeb. Coord. nach (3) zu rechnen (P_2P_1), P_2P_1; (P_2P_3) P_2P_3; damit $\gamma = (P_2P_1) - (P_2P_3)$ bekannt, Viereck nach 2) aufzulösen, womit Länge und Richtungswinkel der Strecken PP_1, PP_2, PP_3, endlich die Coord. von P nach (4).

c. Rückwärtseinschneiden über zwei gegeb. Festp., Aufgabe der zwei Punktepaare (Hansen'sche Best.): Einschaltung von zwei Neupunkten zugleich durch Winkelmessung auf den Neupunkten. — Gegeben die Coord. (xy), (x_1y_1) der Punkte A, A_1; in B und C gemessen die W. β, γ; β_1, γ_1 [(vergl. 3) nebst Fig.]. Gesucht Coord. von B und C. Analog der vorigen Aufg. die Aufl. mittelst (3) zu reduc. auf 3), wonach mit Hilfe von (2) und (4) die ges. Coord. zu berechnen.

Bei den Aufg. b. und c. die Winkel meist in einigen Sätzen gemessen. Ist Neup. C in a. durch den Schnitt von mehr als 2 Strahlen (von mehr als zwei Standp. aus oder von zwei Standp. aus durch Messung der Winkel zwischen den Richtungen nach mehreren weiteren Festpunkten und der Richtung nach C) vorwärts, oder der Neupunkt P in b. durch mehr als 3 Strahlen (nach mehr als 3 Festpunkten) rückwärts eingeschnitten, so liegt Ausgleichungsaufgabe vor, die graph. behandelt werden kann.

U. U. wird zur Punktbest. Combination von Vor- und Rückwärtsschnitten angewandt.

7) Geodät. Best. der Nordrichtung im orientirten Coord.-System (Merid.-Convergenz). Die Richtung der x-Axe eines (Landesvermess.-) Systems falle mit dem Merid. des Nullp. zusammen, (+x nach N; also +y nach E.), im Punkt (x_1y_1) soll die Richtung der N.-S.-Linie angegeben werden. Die ges. Richtung (Merid. von P_1) macht, wenn φ die geogr. Br. von P_1 und r der entsprechende Krümmungshalbmesser der Erdoberfl. ist, mit der Richtung +x den Winkel (in Secunden)

$$\Delta\alpha = \frac{y_1}{r}\,\text{tg}\,\varphi\cdot\varrho''$$

Digitized by Google

derart, dass der Merid. nach der x-Axe hin von der Parall. $+x$ abweicht (Vorzeichen von y_1). An der Richtung nach einem bekannten Zielpunkt $(x_2 y_2)$ hat man also den Winkel $(P_1 P_2) + \triangle\alpha$ von rechts nach links anzulegen.

Die Werthe von $\triangle\alpha$ auf 0,5′ genau liefert Taf. 13.

E. Absteckungen.

I. Gerade AB mit Hindernissen: Parallelabweichungen; oder durch A die Gerade AD beliebig, ist dann C der Fusspunkt des Loths von B auf AD und $AC = a$, $CB = b$, so erhält man für belieb. Punkt der verlangten Geraden die zur Absc. x (von A aus auf AD gemessen) gehörige Ord. aus $y = x \cdot \frac{b}{a}$ (für kleines b Rechenschieber).

II. Durch O Gerade OB abzustecken, welche mit gegeb. Ger. OA den vorgeschrieb. Winkel α einschliesst. Absteckung eines Punkts B_1 in der Nähe der verlangten Richtung durch Benutzung Eines Non. am Theod.; Winkel B_1OA genau gemessen (repet. mit Compens.), ist dessen Unterschied gegen α gleich $\triangle\alpha''$, so ist B_1 zu versetzen um $\frac{\triangle\alpha''}{\varrho''} \cdot d$ wenn d die (ungefähre) Entfernung OB_1.

III. Kreisbögen für Bahn- und Strassenaxen.

1) Hauptpunkte (und Haupttangenten) für einfache Kreisbögen. Die auf dem Felde gegeb. Richtungen AB, AC sind durch den beide berührenden Kreisbogen vom Halbmesser R zu verbinden. — Gemessen wird Winkel $BAC = \delta$, woraus $\alpha = 180^0 - \delta$; Berührungspunkte von A aus eingemessen mit

$$AB = AC = R \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}.$$

Bogenmitte M_0 durch Halbiren des Winkels in A und Abmessen von

$$AM_0 = \frac{R}{\cos \frac{1}{2}\alpha} - R.$$

$$\left(HM_0 = R - R \cos \frac{\alpha}{2}\right)$$

(Probe).

Tangente in M_0 durch

$$AD = AB - R \operatorname{tg} \frac{\alpha}{4} = AD_1.$$

Probe: D, M_0, D_1 in Ger., $DD_1 = 2R. \operatorname{tg} \frac{\alpha}{4}$ in M_0 halbirt. B, M_0, C genügen meist als Hauptpunkte; wenn auch die Bogenviertel als solche noch erforderlich (vgl. Bem. am Schluss von A. II, 1), so erhält man M_1 und M_2 nebst den Tangenten daselbst ganz ebenso wie M_0 mit $\frac{\alpha}{4}$ an Stelle von $\frac{\alpha}{2}$ u. s. f. — Bogenlänge $BM_0C = \frac{R \cdot \alpha}{\varrho}$.

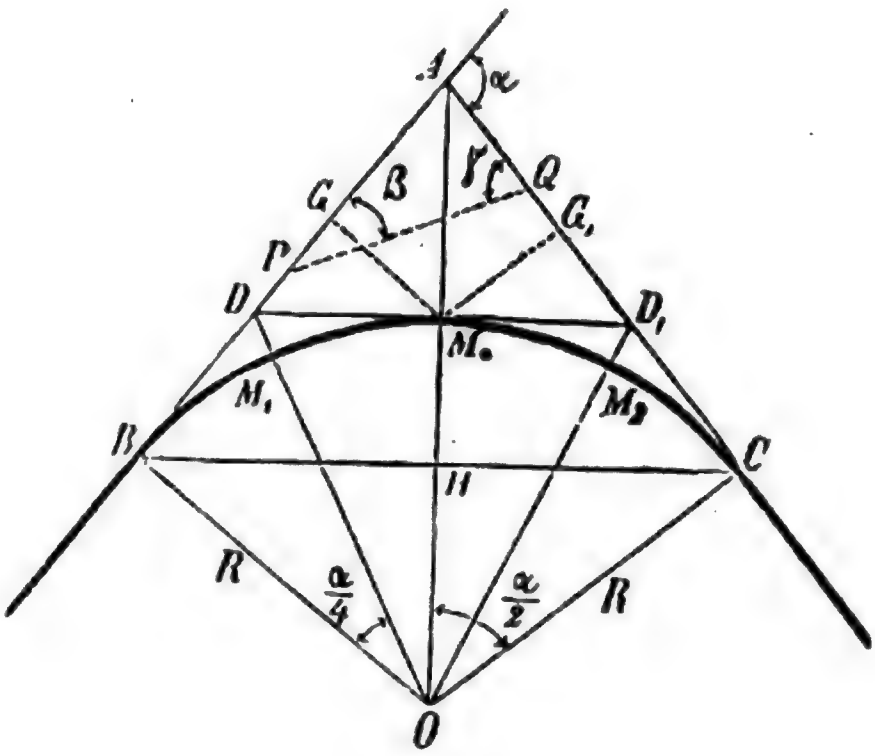


Fig. 32.

Directe Rechnung der obigen Gleich. fast ebenso rasch als Benützung der in den Taschenbüchern zum Curven-Abstecken enthaltenen Tabellen

Digitized by Google

unter den letzteren besonders ausführlich: Tracirungshandbuch von Hanhart und Waldner (Berlin 1874), auch für 3) b., 3) c.

Ist, was meist der Fall, der Tangentenschnitt A nicht zugänglich oder (bei kleinem Schnittwinkel oder an einem Bergabhang) zugänglich aber werthlos, so kann man meist die Hilfslinie PQ benützen, die Winkel β, γ und die Strecke PQ = a messen, dann ist

$$AP = \frac{a}{\sin \alpha} \sin \gamma, \quad AQ = \frac{a}{\sin \alpha} \sin \beta,$$

also B, D von P aus, C, D_1 von Q aus einzumessen.

Reicht PQ nicht aus, so kann man eine Stationirung von einigen Seiten, z. B. PP_1, P_1P_2, P_2Q zwischen P und Q benützen, aus welcher sich AP, AQ und α bestimmen lassen. Sorgfältigste Messung!

Oft ist man genöthigt (gekrümmte Stollen, Gleislagen auf hohen Dämmen oder in tiefen Einschnitten oder bei anderen Messungshindernissen) sich auch die Hauptpunkte des Bogens auf eine der in 3) c. angegebenen analoge Art, nur mit längeren Sehnen, zu verschaffen. Die mögliche Länge der Sehne $BB_1 = B_1B_2 = ..$ hängt ab von Halbmesser und verfügbarer Breite; ist diese Länge, die sich einfach aus einer Zeichnung ergibt, = l gewählt, so ist

$\sin ABB_1 = \frac{l}{2R}$, ferner $BB_1B_2 = ... = 180^0 + 2\,ABB_1$. Absteckung der Punkte B_1, B_2... durch die berechneten Winkel (vgl. E. II.) und l.

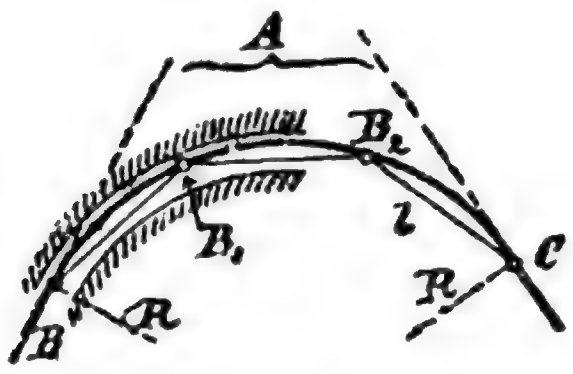


Fig. 33.

Sorgfältige Messung erforderlich (Wiederholung der Sehnenmessung). Um l vergrössern zu können, ist in der Regel statt der Axe selbst ein Bogen von grösserem Halbmesser abzustecken (vgl. Fig. 33). Zwischenpunkte von den Sehnen aus nach 3) Bem. nach b.

2) Hauptp. für Korbbögen aus zwei Kreisbögen. Die zwei Hauptfälle sind:

a. Gegeben Berührungspunkt B (durch AB), R und R_1, gemessen, $BAC = \alpha$, gesucht C, K und Tangente daselbst. Es ist $BG = R \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2}$,

$$AG = BG - AB;$$
$$AH = AG \sin \alpha;$$
$$\cos \beta = 1 - \frac{AH}{R - R_1},$$

womit β und $\beta_1 = 180^0 - (\alpha + \beta)$ bekannt, also die Tangentenlängen

$$BD = DK = R \operatorname{tg} \frac{\beta}{2} \text{ und}$$

$$KD_1 = D_1C = R_1 \operatorname{tg} \frac{\beta_1}{2}$$

zu berechnen. (Probe!)

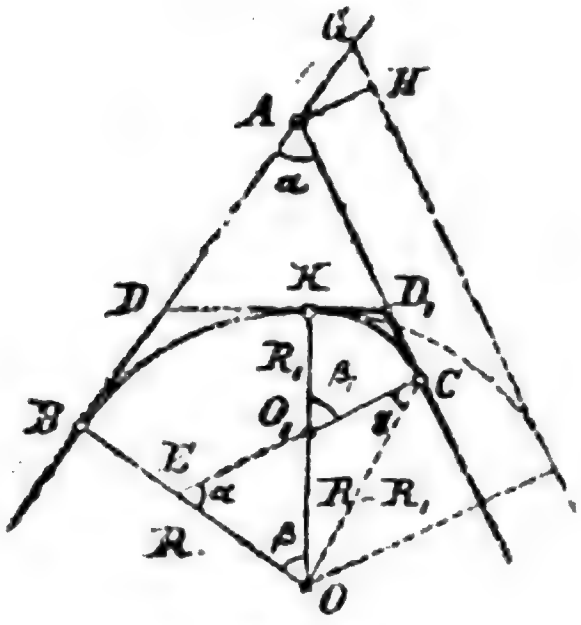


Fig. 34.

b. Gegeben AB, AC und R. gemessen α; gesucht R_1 und K. Aus der Auflös. des durch 5 Stücke gegebenen Vierecks ABOC (zerfällt durch AO in rechtw. Dr. ABO und das Dr. ACO) ergeben sich OC und der Winkel $ECO = \gamma$; sodann ist in O_1CO

$$(R - R_1)^2 = R_1^2 + OC^2 - 2R_1 \cdot OC \cdot \cos \gamma \text{ (in } R_1 \text{ linear)},$$

damit leicht β, β_1 und die Tangentenabschnitte. (Proben!)

Digitized by Google

3) Zwischenpunkte.

a. Rechtw. Coord. mit runden Absc., Tang. als Absc.-Axe, Berührungsp. [nach 1) bezw. 2) bestimmt] ist Ursprung. Die Ord. zur Absc. x bestimmt sich aus der Gleichung:

$$1)\ y = R - \sqrt{(R + x)\ (R - x)} = x \left\{ \frac{x}{2R} + \left(\frac{x}{2R}\right)^3 + \ldots \right\}.$$

Das dritte Glied der Reihe fast stets zu vernachläss.; so lange $\frac{x}{R}$ klein genügt das erste Glied, nämlich: 2) $y = \frac{x^2}{2R}$ (Ord. der Parabel, für welche der abzusteck. Kreis Scheitelkrümmungskreis). Berechnung nach 1) oder 2) auch für nicht runde R unnöthig durch die Taschenbücher (Kreisbogentafeln) von: Knoll, Taschenbuch [auch Tangentenlg. für 1), Periph. W. für 3) c. und Uebergangscurven V], Jordan, Kreiscoord. [nur für 3] a) u. s. f. Vergl. die Taf. 3. im Hauptheil des Kalenders; für alle Maasse brauchbar, da nur Verh. $\frac{x}{R}$ in Betracht kommt.

b. Rechtw. Coord. mit gleich weit abstehenden Bogenpunkten. Die nach a. abgest. Bogenp. sind nur so lange y klein, praktisch genau gleich weit von einander entfernt. Soll überall zwischen je zwei aufeinanderf. Punkten das Bogenstück b enthalten sein, so ist (vgl. Fig. 35)

$x = R \sin n\varphi$, $y = R(1 - \cos n\varphi)$, wo

$$\varphi = \frac{b}{R} \cdot \varrho, \quad n = 1, 2, 3 \ldots .$$

Tab. für Meth. b.: Kröhnke, Handbuch [auch für 1)], Winckel, Handbuch [auch für 1) und V] u. s. f. Bei b. etwas weniger rasche Arbeit als bei a. wegen nicht runder Absc. Bemerkg. zu a. und b. Oft ist statt der Tang. als Absc.-Axe eine Sehne zu benützen [vgl. z. B. 1) Schluss], die y der Tafel dann um Const. verändert.

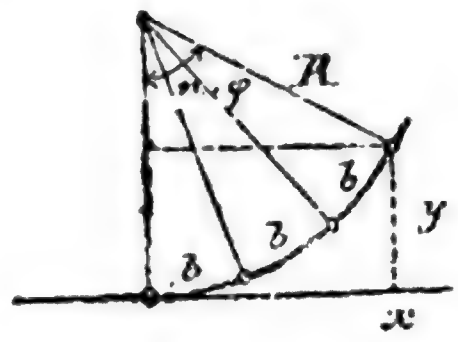


Fig. 35.

c. Theodolit und Messband. (Rectif.) Theod. in B aufgestellt; an BA der Reihe nach die Winkel α, 2α, ... angetragen, während das Messband von B nach D, von D nach E, ... gespannt wird (vord. Stab des Bandes eingewiesen). Ist s die Länge des Bandes, so ist dabei

$$\sin \alpha = \frac{s}{2R}.$$

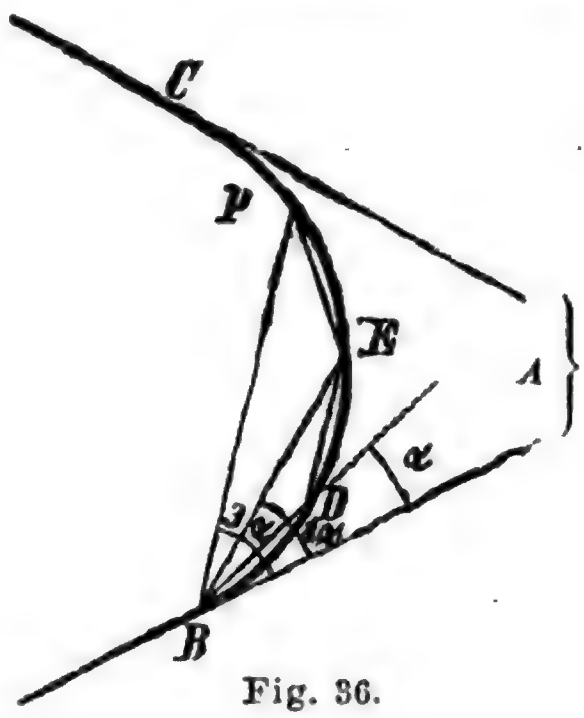


Fig. 36.

Meth. c. hat im Vergleich mit a. und b. den Nachtheil ungünstiger Fehlerfortpflanzung, den Vorzug rascher Arbeit und geringen Raumbedarfs. Bei genaueren Bogenabsteckungen Hauptp. so, dass nur je etwa 8 Zwischenp. nach c. abzust.

Vgl. die Peripheriewinkel-Tafeln 4. für 20 *m*-Band; wie dort bemerkt, übrigens die Tafeln auch für andere s zu gebrauchen. Ausführliche Periph.-Tafeln in Knoll [vgl. a.], ferner in Gysin [ausschliesslich für 3) c.; für alte und neue Winkeltheilung], Hanhart und Waldner [vgl. 1)].

d. „Arcograph". Für kleine Bögen (Strassenbahnen u. s. w.) mit Vortheil ein Spiegelkreuz oder Prismenkreuz, dessen beide Spiegelflächen verstellbar sind (Prismentrommel von Decher) zu verwenden. Nach Bestimmung von B, C, M_0 (Fig. 32) stellt man den Stab des Instr. in M_0 auf und „nimmt den Periph.-Winkel in den Spiegel" (Spiegel-

Digitized by Google

winkel = halb. Periph.-W.); jeder Punkt, auf dem die Bilder der Stäbe B, C sich decken, liegt auf dem Bogen.

4) Einrückmethoden und Näherungsmeth. a. Berührungspkt. B eingemessen (ev. nach Abstechen auf Plan); zu best. x das entsp. y der Kreisbogentafel entnommen (od. nach $y = \frac{x^2}{2r}$ gerechnet) gibt C; $CC_1 = y$ und $BC_1 = x$ gibt C_1, BC_1 um x verlängert gibt D u. s. f. (vgl Fig. 37).

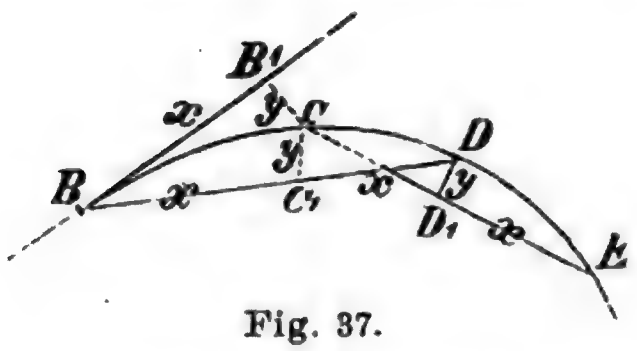


Fig. 37.

b. Man steckt zwei Punkte C, D für die Absc. x und 2x aus (Ord. y und 4y, welche leicht auswendig zu merken sind); die Gerade vom Absc. Punkt x nach D gibt genähert die Tangente in D, von hier aus mit den genannten Maassen zwei neue Punkte u. s. f.

c. Einrücken von der Sehne aus: Sehne BC um CF = BC verlängert, in F Ord. FD = 2y gibt D, CD um DG = DC verlängert, in G Ord. GE = 2y u. s. f.

Dies geht namentlich mit dem Messband sehr rasch von statten (Sehne BC genügend = BB_1).

Wegen sehr rascher Arbeit ist b. od. c. zur vorläufigen Absteckung eines Bogens empfehlenswerth, wenn z. B. auf dem Feld rasch erprobt werden soll, ob ein angenommenes R einem bestimmten Zweck entspricht.

d. S. g. Viertelsmethode; brauchbar, wenn Kreisbogen so flach, dass an seine Stelle Parabelbogen gesetzt werden kann.

BB_1 Berührungspunkte und C Schnittpunkt der Tangenten, dessen Abstand von der Sehne BB_1 halbirt, gibt E als Scheitelpunkt der Curve.

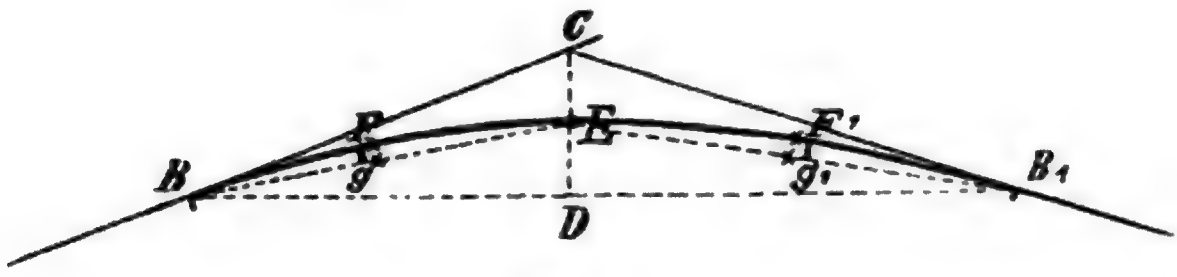


Fig. 38.

Weitere Punkte ergeben sich nach dem Satz, dass dem halben Bogen 1/4 Pfeilhöhe entspricht, wenn der ganze Bogen die Pfeilhöhe 1 hat.

IV. Korbbögen (freie Curven) für Strassenaxen; Entscheidung, ob Krümmung zulässig. Bei Strassen vielfach Korbbögen vortheilhaft: ungleiche Tangentenlänge, vgl. Fig. 34 bei III, 2). Wenn diese Bögen, was keineswegs nothwendig, im Plan aus Kreisbögen zusammengesetzt sind, würde ihre Absteckung nach III, 2) zumal bei mehr als 2 Radien, zu umständlich. Man kann durch Aufzeichnung des Bogens in grossem Massstab (etwa 1:250) sich unmittelbar die Coord. der Curvenpunkte aus dem Plan verschaffen. Oder man verlässt die Kreisbögen und wendet im Plan und auf dem Felde Linearconstr. an: AB und AC (vergl. die Fig. 34) je in n gleiche Theile getheilt, die Theilpunkte auf AB von B gegen A (mit B als 1 anfangend), auf AC von A gegen C (mit A als 0 anfangend) beziffert, Cu-Pkte. als Schnittp. der Verbindungsl. 1—1 und 2—2, 2—2 und 3—3 . . . .; oder Bezifferung der Theilpunkte von B gegen A (mit B als 0 anfangend), von A gegen C (mit A ebenfalls als 0 anfangend), Cu-Pkte. als Schnittp. der Geraden B 1, C 1; B 2, C 2; . . . .

Um sich bei diesen Kegelschnitten oder anderen „freien" Curven zu überzeugen, dass der Krümmungshalbm. nirgends unter dem für den betr. Fall zuläss. Min. bleibt, dient Taf. 5. (aus 3 mit halber Sehne als Absc. abzulesen, bequemer aber wie hier für sich zusammengestellt) ein (flacher) Kreisbogen von Sehne s und Pfeilhöhe h hat genähert den Halbmesser

$$R = \frac{s^2}{8h}.$$

Beisp.: s = 10 *m* (Tafel), h = 82 *cm* gibt R = 15,5 *m*. Beachte: Bem. unter Taf. 5.

Digitized by Google

V. Uebergangscurven für Eisenbahnen. Zwischen den Geraden und Kreisbögen der Eisenbahnen werden neuerdings Curven eingeschaltet welche von der Geraden mit der Krümmung Null ausgehend, mit stets wachsender Krümmung, beim Uebergang in die Kreisbögen die Krümmung der letzteren erreichen. In diese „Uebergangscurven" werden Schienenüberhöhung und Spurerweiterung in der Weise gelegt, dass dieselben im Berührungspunkt an der Geraden mit Null beginnend, im Kreisbogen das für diesen vorgeschriebene Maass erreicht haben.

In Beziehung auf die Gerade $A\,F$ als Abscissenaxe mit dem Ursprung A (Fig. 39), heisst die Gleichung der Uebergangscurve:

$$y = \frac{x^3}{6\,c}$$

worin die Constante $c = \frac{s\,w^2\,n}{g}$, welche von der Spurweite s, der Fahrgeschwindigkeit w, dem constanten Gefälle des äusseren Schienenstranges $1:n$ und der Beschleunigung der Schwere $g = 9{,}81\ m$ abhängig ist, die Länge und Krümmung der Curve bedingt. Für c haben die einzelnen Verwaltungen verschiedene Werthe, gewöhnlich $c = 12000$ für Hauptbahnen und $c = 6000$ für Nebenbahnen, eingeführt.

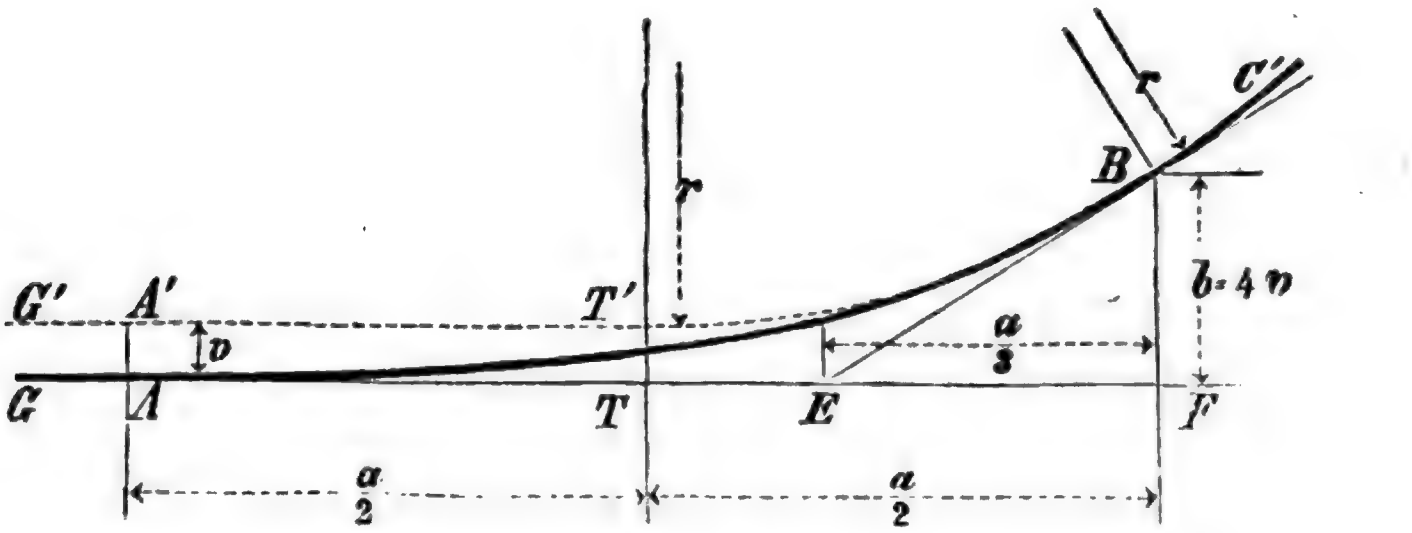


Fig. 39.

Ist B der Berührungspunkt zwischen Uebergangscurve und Kreisbogen vom Radius r, so hat man zur Absteckung folgende Längen zu rechnen

$$\text{Curvenlänge } A\,B = \text{Abscisse } A\,F = a = \frac{c}{r}.$$

$$\text{Ordinate von } B = b = \frac{c^2}{6\,r^3}.$$

Abstand der Geraden AF von der Kreistangente $G'T'$:

$$AA' = TT' = v = \frac{c^2}{24\,r^3} = \frac{b}{4}.$$

$$\text{Subtangente } E\,F = \frac{1}{3}\,A\,F = \frac{a}{3}.$$

$T\,T'$ wird durch die Curve halbirt und der Berührungspunkt T' liegt in der Mitte der Curvenlänge AB.

Die Absteckung eines Kreisbogens vom Radius r mit Uebergangscurve hat demnach wie folgt zu geschehen:

Bestimmung von a und b für eine bestimmte Constante c. Abstecken der Berührungspunkte T und T_1 (Fig. 39) unter Annahme des Halbmessers $(r + v)$ statt r, d. h. man berechnet $S\,T = S\,T_1 = (r + v)\ tang\ \gamma$ Abstecken der Punkte A, E, F und B mit den berechneten Längen. Abstecken der Curvenpunkte mit den gerechneten Ordinaten und endlich Abstecken des Kreisbogens von der Tangente mit Abscissen von T an auf $T\,F$ gezählt und Ordinaten, welche sämmtlich um $v = \frac{b}{4}$ grösser sind als die Kreisbogen-Ordinaten für den Halbmesser r.

Digitized by Google

Die Taf. 6. beziehen sich auf c = 12000, sind übrigens, wie die dortige Bemerk. andeutet, leicht für andere Werthe der Const. abzuändern.

Weiteres über Uebergangscurven s. bei Helmert, die Uebergangscurven u. s. f.; vgl. auch Ilse, Organ Fortschr. Eis. 1865, S. 13. Uebergangscurven als Korbbögen aus Kreisbogenstücken mit sich succ. verdoppelnden Radien statt der cubischen Parabel werden nach dem Vorgang von Thommen an der Brennerbahn auch jetzt noch angewendet (z. B. Schweiz), vgl. darüber Thommen in Schweiz. Polyt. Zeitschr. 1864, S. 129, ferner Org. Fortschr. Eis. 1865, S. 158. Diese Uebergangscurven natürlich mit den gewöhnl. Kreisbogentafeln abzustecken.

VI. Vermittelung des Gefällwechsels auf Eisenbahnen. Beim Uebergang einer horizontalen Bahnstrecke in eine geneigte, oder zwischen zwei geneigten Bahnstrecken empfiehlt es sich, den Gefällwechsel durch Einlegung eines Kreisbogens von grossem Radius zu vermitteln.

Zur Bestimmung der Ausrundungscurve ist zunächst die Tangentenlänge l zu berechnen (Fig. 40), hierbei sind 3 Fälle zu unterscheiden:

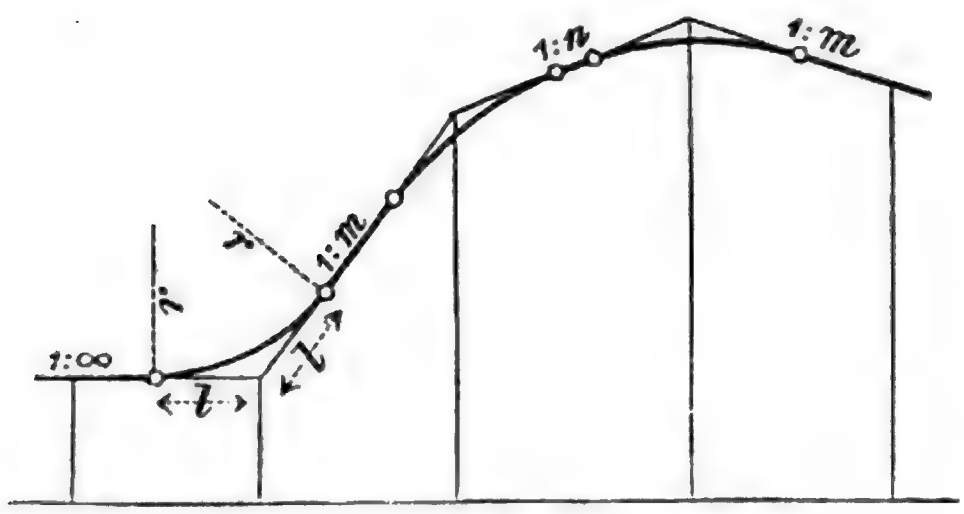


Fig. 40.

1) Die Bahn geht aus der Horizontalen in eine Neigung $1:m$ über, dann ist:

$$l = \frac{r}{2} \cdot \frac{1}{m}.$$

2) Die Bahn geht aus einer Neigung $1:m$ in eine andere Neigung von gleichem Sinne $1:n$ über, dann ist:

$$l = \frac{r}{2}\left(\frac{1}{m} - \frac{1}{n}\right)$$

3) Die Bahn geht aus einer Neigung $1:n$ in eine andere Neigung von entgegengesetztem Sinne $1:m$ über, dann ist:

$$l = \frac{r}{2}\left(\frac{1}{n} + \frac{1}{m}\right).$$

Die aus Taf. 7. zu entnehmenden Beträge werden zu den aus den Steigungsverhältnissen berechneten Höhenordinaten der Bahnaxe addirt bezw. von denselben subtrahirt.

II. Höhenmessungen.

F. Geometrisches Nivellement.

Niv.-Instr.: Für Längen-Niv. des Ing. nicht zu schwere Instrumente mit 10″ bis 15″ Lib. Empf. (auf die Par. Lin.) und etwa 25facher Fernrohr-Vergr. die besten. Neuerdings mehrfach Instrumente mit fester Lib. und umlegbarem Fernrohr empfohlen. Kleine Dosenlibelle auf der Alhidade, besonders aber Elevat.-Schraube zur Fein-Einstellung befördert die Arbeit. Für Flächen-Nivellements u. U. nur in *dm* getheilte Latte (6 *m* lang), dasselbe Instr. um sehr lange Visuren (bis 150 *m* und mehr) zu ermöglichen, ohne scharf einspielen zu lassen. Für Querprofile u. s. f. kleines und leichtes Instr. mit 30″ bis 1′ Lib. Empf. Bei Nivell. auf nicht festem Grund (Moorboden u. s. f.) ist Niv.-Instr. von Werth, welches gestattet gleichzeitig mit Beobachtung des Libelleneinsp. die Latte abzulesen, so dass nur für festen Lattenstand zu sorgen (Pfahl) (mit Hilfe eines kleinen Spiegels entsteht ein Bild der Lib.-Blase im Gesichtsfeld, solche Instr. besonders von Tesdorpf in Stuttgart zu beziehen); kleine Instr. dieser Art eignen sich auch (als Gefällmesser) zum Freihandgebrauch (Instr. von Wagner, Butenschön u. s. f.).

Genauigkeit: Bei durchaus gleicher Zielweite wächst der mittlere (zufäll.) Fehler eines Nivell. prop. der Quadratwurzel aus der nivell. Länge; ist also m der mittl. F. pro *km*, so ist der mittl. F. für k *km*

$$M = m\sqrt{k}.$$

Digitized by Google

Niv. I. Cl. sind die „Präcis-Nivellements", deren Höhenzahlen in Deutschland jetzt durchaus auf Normal-Null bezogen sind (37,000 *m* unter dem an der Berliner Sternwarte gesetzten „Normalhöhenpunkt", übereinstimmend mit 0 des Amsterdamer Pegels). Für die Präc.-Niv. ist m etwa 2—3 *mm*. Die genauesten Niv., deren der Ing. bedarf, sind solche II. Cl. mit etwa $m = 6$—10 *mm*; für solche ist bei nicht ganz kleinen Höhenunterschieden eine genaue und oft wiederholte Untersuchung der Lattenlänge mit Hilfe eines Normalmeters noch erforderlich. Zielweite nicht über 60 *m*; durchschnittl. Tagesleistung auf Bahnen oder Strassen mit kleinen Gefällen etwa 6 *km*. Längere Niv. sind so oft als möglich an die Marken der Präc.-Niv. anzubinden.

Für Niv. untergeordneter Bedeutung entspr. grössere Fehler zulässig; bei Flächen-Niv. genügt es in der Regel (nicht immer, z. B. Meliorat.-Arb. auf Flächen von sehr geringen Neigungen), die „Bodenpunkte" auf 1 *dm* zu erhalten. — Nivellirband kann in Tasche mitgeführt und am Ort des Gebrauchs auf belieb. Latte befestigt werden.

Für Längen-Niv. unterg. Bedeutung das Nivell. mit horiz. Ziellinie vielfach zweckmässig zu ersetzen durch „Schräg-Nivell." (trig. Höhenbest., vgl. den Schluss von G.). Vorläufige Absteckung von Linien mit gegebenem Gefäll oder Aufsuchung des Gefälls zwischen der Lage nach gegebenen Punkten mit Hilfe der „Gefällmesser" (Theilung meist am besten direct nach Procenten, nicht nach Graden); zum Freihand-Gebrauch besonders empfehlenswerth der Lib.-Gefällmesser von Tesdorpf, and. Constr.: Sickler Bohne, Mayer u. s. f.; vgl. auch K. 2).

G. Trigonometrische Höhenbestimmung.

Höhenwinkelmessg. mit Hilfe des Höhenkreises am Theodolit oder bei kleinen Höhenwinkeln der Mikrometerschraube an einem Niv.-Instr. u. s. f. Im ersten Falle bequemste Beziff. des Höhenkreises, der auf der Kippaxe festgekeilt ist, durchlaufend von 0° bis 360°. Bei der Messung ist nur zu beachten, dass die Röhrenlibelle am Fernrohrträger [vgl. A. II, 3)], justirt ist und genau einspielt bei Einstellung des Zielpunkts auf den Horizontalfaden; mit durchgeschlagenem Fernrohr ist die Messung zu wiederholen. Die Diff. der Ablesungen an jedem Nonius gibt einen Werth für die doppelte Zenitdistanz, wirkliche Zenitdistanz z gleich dem halben Mittel der beiden Diff., Höhenwinkel $\alpha = 90^0 - z$ (α erhält damit sein richtiges Zeichen). Messungspr.: Bei verschiedenen gemessenen Höhenwinkeln muss sich die Summe der Ables. an jedem der beiden Nonien constant ergeben.

Wird bei Instr. Höhe i über Punkt A nach einem t vertical über Punkt B sich befindenden Signal der Höhenwinkel α gemessen, ist ferner die Horizontaldistanz von A und B (im Meeres-Niveau) gleich a, sind endlich H_a und H_b die Meereshöhen von A und B, so ist

$$1)\quad H_b = H_a + a \operatorname{tg} \alpha + \frac{1-k}{2r} a^2 + \frac{H^2_b - H^2_a}{2r} + i - t.$$

Das die Meeresh. enthalt. Corr.-Glied fast stets sehr klein, so dass

$$2)\quad H_b = H_a + a \operatorname{tg} \alpha + \frac{1-k}{2r} a^2 + i - t.$$

Erdhalbm. r ist abhäng. von der geogr. Br. und von dem Azimut der Visur, es genügt aber, für sehr grosse Gebiete, z. B. ganz Deutschland, einen Mittelwerth anzunehmen, im letzten Fall $\log r = 6{,}8049$ (*m*) (für $\varphi = 50^0$); die Grösse k ist der sog. Refractionscoëfficient [Verhältniss des Winkels zwischen der Tangente an den (nach Annahme kreisförmig) gekrümmten Lichtstrahl AB in A und der Sehne AB zu dem Erd-Centriwinkel, welcher der Entfernung a entspricht], deren Betrag meist zwischen $+1/7$ und $+1/8$ liegt. Die Form der Lichtcurve AB und damit der Werth von k ist aber sehr veränderlich, besonders mit der Veränderung der Temperaturvertheilung in den durchschnittenen Luftschichten: k kann in aussergewöhnlichen Fällen sehr klein, selbst 0 oder negativ werden (Lichtcurve kehrt convexe Seite der Erde zu). Im Mittel ist $k = 0{,}13$ (Gauss 0,1306). Taf. 9. für das Corr.-Glied $\frac{1-k}{2r} a^2$ bei verschiedenen Werthen von k lässt den Einfluss des letzteren erkennen. Vollständig elimin. lässt sich die aus der Unkenntniss von k

entspringende Unsicherheit der trigon. Höhenmess. nur durch gegenseitige Beob.: während in A der Höhenwinkel nach B gemessen wird, misst gleichzeitig ein zweiter Beobachter den von B nach A. Verringern lässt sich die Unsicherheit, indem man die Entfernung a nicht zu gross nimmt, für gewöhnlich nicht > 5 *km*; Höhenunterschied AB bei grösseren Entfernungen von einem Punkt C, der von beiden etwa gleich weit entfernt ist, als Diff. der Höh.-Untersch. CA, CB bestimmt.

Bei kleinen Entfernungen (je nach Genauigkeit bis 500 oder 1000 *m*) kommen Erdkrümmung und Refraction nicht in Betracht und es ist

$$(3)\quad H_b = H_a + a \operatorname{tg} \alpha + i - t.$$

Bestimmung von a. Je kleiner α, um so weniger genau braucht a bekannt zu sein; a entweder aus dem Triangulirungsnetz gegeben oder es genügt Abstechen der Coord. von A und B oder der Entfernung a selbst (falls A und B auf Einem Blatt) aus Karten und Plänen von entsprechendem Massstab (besonders Flurplänen). Directes Abstechen von a besonders wichtig für trigonometr. Höhenm. auf kleine Entfernungen bei Höhenaufnahmen auf Grund einer ausführlichen Horiz.-Aufn. grossen Massstabs (vgl. bei L.); directes Messen von a u. U. bei Querprofil-Aufn. mit „schiefen Visuren" (s. g. „Schräg-Nivellement"). Dieses auch vielfach brauchbar bei Längen-Nivell. unterg. Bedeutung (vgl. Schluss von F), selbst für den Fall, dass die Entf. direct gemessen werden müssen; bei sehr gleichmäss. Steigung der zu nivell. Linie (Strasse) schiefe Entfernungen messen.

Bequeme Tangententaf. zur Berechnung trig. Höhenbest. bei kleinem a: Faul, Levelling by vert. angles, New-York 1886.

H. Barometrische Höhenmessung.

Zu umfassenden barometrischen Höhenaufnahmen eignen sich allein gute Aneroïde. Quecksilberbarometer finden für Ingenieurzwecke nur Anwendung zu vorläufigen Längennivellements, als Standbarometer und als „Normal"-Barometer zum Vergleichen der Aneroïde.

Reduction der Aneroïdablesungen auf 0^0 und das Quecksilberbarometer. Aneroïde sind so lange nahezu werthlos, als ihre „Constanten" nicht bekannt sind, mindestens die Wärmeconstante. Für Naudet'sche und neuere Goldschmid'sche (Hottinger'sche) Aneroïde, bei denen die Theile der Scala nahezu 1 *mm* des Quecksilberbarometers entsprechen, Reduction am besten in der Form:

$$(1)\quad b = a + c + p\,(C - a)\,,\ \text{wo}\ a = A - wt.$$

Es bezeichnet hierbei b die gesuchte völlig reducirte Ablesung am Aneroïd, A die unmittelbar gemachte Ablesung, w die „Wärmeconstante", t den Stand des innerhalb des Aneroïdgehäuses angebrachten Thermometers („innere" Temperatur), c die „absolute Constante" und p die „Theilungsconstante", endlich C eine willkürlich angenommene Zahl (s. unten).

Bestimmung von w durch Vergleichung des Aneroïds mit dem Quecksilberbarometer bei möglichst constantem Luftdruck in möglichst verschiedenen Temperaturen; mindestens 1 Stunde warten, bis Aneroïd (aus Etui zu nehmen, aber vor strahlender Wärme zu schützen) die jeweilige, constant zu erhaltende Temp. angenommen hat. Die Reduction der Quecksilberbar.-Ables. auf 0^0 (vgl. Bem. bei Taf. 8, 2) und die Annahme, dass den kleinen Schwankungen des Qu.-Bar. über die Zeit der Beob. die gleiche Zahl von Aneroïdtheilen entspreche, gibt Einfluss der Temp. auf Aneroïd zu erkennen; graphische Behandlung, Temp. als Absc. — Temp. Einfluss (wie oben angenommen, wt) fast immer linear nach t; dagegen w abhängig von A bei sehr grossen Veränderungen des letzteren, für Verwendung desselben An. in sehr verschiedenen Höhen also verschiedene w für gewisse Intervalle von A (durchschnittlich etwa für 40 *mm*, entsprechend gegen 500 *m* Höh.-Unt., jedenfalls constantes w brauchbar).

Hierauf Bestimmung von c und p gleichzeitig durch Vergleichungen von An. und Qu.-Bar. bei möglichst versch. Luftdr.: Vergleichungen in verschiedenen Höhen (dem Aufnahmegebiet entsprechend) sind Versuchen mit künstlicher Vermind. des Luftdrucks vorzuziehen. Nachdem alle Ablesungen auf 0^0 reducirt sind (An. mit Hilfe der ermittelten Tab. für wt) sind aus den gemäss (1) anzuschreibenden Gleichungen c und p wieder am besten graphisch zu bestimmen. Für C ist runde Zahl zu wählen, welche nicht sehr wesentlich vom mittleren Luft-

druck im Aufnahmegebiet sich entfernt, also z. B. C = 700 *mm* für Aufnahmen in einem Gebiet von 500 bis 900 *m* Meereshöhe, C = 650 für Aufn. in 1000 bis 1500 *m* Höhe u. s. f.

Temp.-Const. w für Naud. und Goldschm.-Hott. Aneroïde gewöhnlich an sich positiv, w = 0 („compensirt", diese Bezeichnung durch den Mechaniker nie zuverlässig, vgl. übrigens die Abhängigkeit der „Const." w von A) bis w = 0,2; unter sonst gleichen Umst. Instr. mit kleinerem w vorzuziehen (Fehler in t klein. Einfl.). p jedenfalls sehr klein, c bei Naud. durch die Schraube am Gehäuseboden zu verändern; Alle 3 Const. verändern sich im Lauf der Zeit, leicht veränderlich ist c. deshalb w und p von Zeit zu Zeit, c nach jeder starken Erschütterung oder rasch erfolgten bedeutenden Standänderung neu zu vergleichen.

Die Aneroïde sind äusserst sorgfältig zu behandeln, vor Stössen und gegen Temperaturänderungen möglichst zu schützen, also im Etui zu belassen, mit möglichst schlechtem Wärmeleiter umgeben (Ausnahme s. ob. Best. von w). Die Instr. sollen bei grösseren Luftdruck-Diff. erst einige Min. nach Ankunft, nach zuvorigem leichtem Beklopfen abgelesen werden. Naudet'sche Aneroïde sind horizontal zu halten, bei Goldschmid'schen ist nach jeder Ablesung der Gehäusekopf genügend weit zurückzuschrauben.

Barometerformel. Wenn an zwei — zunächst senkrecht übereinander liegend gedachten — Punkten von der geographischen Breite φ zu gleicher Zeit die auf 0° reducirten Normalquecksilberbarometerstände (in *mm*) b_1 (am unteren), bezw. b_2 (am oberen Punkt) und die Lufttemperaturen in C° t_1, bezw. t_2 sind, wenn ferner r den Erdhalbmesser bezeichnet, H_1 und H_2 die Meereshöhen in *m* der beiden Punkte bedeuten und h *m* die Länge der Luftsäule, d. h. den Höhenunterschied $= H_2 - H_1$; endlich $\frac{d}{b}$ das Verhältniss des mittl. Drucks des Wasserdampfs in der Säule h zum mittl. Luftdruck in derselben bezeichnet, also

$$\frac{d}{b} = \frac{1}{2}\left(\frac{d_1}{b_1} + \frac{d_2}{b_2}\right), \text{ so ist}$$

$$(2)\quad h\,w = 18405\left(1 + 0{,}003665\,\frac{t_1+t_2}{2}\right)\left(1 + 0{,}00256\cos 2\varphi\right)\left(1 + \frac{3}{8}\,\frac{d}{b}\right)\cdot$$
$$\cdot\left(1 + \frac{2H_1 + h}{r}\right)\cdot \log\frac{b_1}{b_2}.$$

Die Lufttemperaturen t_1 und t_2, die „äusseren" Temperaturen, sind am raschesten mittelst eines sog. Schleuderthermometers zu bestimmen, d. h. eines rasch im Kreis geschwungenen Thermometers.

Die Formel (2) für ein bestimmtes Aufnahmegebiet vereinfacht durch Vereinigung der Klammern rechts, soweit möglich, mit der Constanten: Einführung einer mittleren Breite φ, Annahme für $\frac{d}{b}$ (am einfachsten constant, bei gewöhnl. Bar.-Mess. wird die Feuchtigkeit nicht beob.), Annahme für mittl. Meereshöhe der aufg. Punkte. Man bringt so Gl. (2) auf die Form

$$(3)\quad h = K\,(\log b_1 - \log b_2)\left(1 + k\cdot\frac{t_1+t_2}{2}\right),$$

wobei k = 0,003665 = Ausdehnungscoëff. der Luft für 1° Temp.-Zunahme Für Deutschland kann man (mit Jordan) annehmen $\varphi = 50°$, Mittelhöhe 500 *m*, $\frac{d}{b} = 0{,}01$, womit wird:

$$(4)\quad h = 18468\,(\log b_1 - \log b_2)\left(1 + 0{,}00367\,\frac{t_1+t_2}{2}\right).$$

Aus (2) leicht zu entnehmen, wie weit bei gegeb. Genauigkeitsgrenzen die (4) zu Grund liegenden Annahmen zulässig sind (vergl. auch Bem. bei Taf. 8, 2). Dunstdruck oft auch dadurch berücksichtigt, dass in (2) der Coëff. von $\frac{t_1+t_2}{2}$ auf 0,004 = 1/250 erhöht wird.

Das „Temp. Glied" zeigt, dass Fehler in $\frac{t_1+t_2}{2}$ den Werth von h um 0,37% für je 1° entstellen. Das Mittel der in der Nähe der Erdober-

Digitized by Google

fläche gemess. Lufttemp. t_1 und t_2 stellt im Allgem. nur ungenau die Mitteltemperatur der Luftsäule h vor, zur Zeit des Tagesmax. der Temp. im Sommer werden z. B. t_1 und t_2 und damit h zu gross u. s. f.: „tägliche Periode“ barometr. gemess. Höhen; beste Messungszeiten im Allgem.: Febr. und Octbr. um 10 V.-M., 4 N.-M.; Mrz. und Sptbr. 9 und 5; Ap. und Aug. 8 und 6—7; Mai bis Juli 6—8 und 7—9. Am besten eignen sich in der Regel windstille Tage mit bedecktem Himmel, windige Tage geben häufig unzuverlässige, stürmische unbrauchbare Resultate.

Zur Berechnung vieler barom. Höhen sind Zahlentafeln oder graphisch-mechanische Hilfsmittel unentbehrlich. Man kann aus (4) auf zwei verschiedenen Wegen dazu kommen:

1) Meth. von Babinet, barometr. Höhenstufe. Setzt man $\frac{b_1}{b_2} = \left(1 + \frac{b_1 - b_2}{b_1 + b_2}\right) : \left(1 - \frac{b_1 - b_2}{b_1 + b_2}\right)$ und nimmt von der Reihe für $\log \frac{b_1}{b_2}$ das erste Glied, so wird aus (4)

$$(5) \quad h = 16042 \, \frac{b_1 - b_2}{b_1 + b_2} \left(1 + 0{,}00367 \, \frac{t_1 + t_2}{2}\right).$$

Aus (5) construirt man Tafeln, welche den Werth m von h, der einer Bar.-Diff. $b_1 - b_2 = 1$ *mm* entspricht (bar. Höhenstufe) für die Argumente $(b_1 + b_2)$ und $(t_1 + t_2)$ oder b (Mittel) und t (Mittel) liefern; es wird dann $h = m\,(b_1 - b_2)$. Taf. 8, 1. gibt mit den Annahmen bei (4) die Werthe der bar. Höhenst. für die Arg. $(b_1 + b_2)$ und t, ersteres von 1200—1550, letzteres von -10^0 bis $+30^0$, reicht also für das ausseralpine Deutschland aus.

Meth. der bar. Höhenst. nur bequem, wenn h mit Rechenschieber zu bestimmen. Babinet selbst hat die mit (5) nahezu stimmende Formel

$$(6) \quad h = 16000 \, . \, \frac{b_1 - b_2}{b_1 + b_2} \, (1 + 0{,}004\, t);$$

der Ausdruck für m in der Form $16\,(500 + t_1 + t_2) : \frac{b_1 + b_2}{2}$ gestattet ohne Tafeln sehr rasche Berechnung von h mit dem gewöhnlichen, mit Läufer versehenen Rechenschieber, wenn an der Seitenfläche desselben Theilung für $\frac{1}{2}\,(b_1 + b_2)$ angebracht wird.

Tafeln: Schoder, Hülfst. z. bar. Höhenbest. (Stuttgart 1874) für Süddeutschland ($\varphi = 48^0\,30'$), geben wegen Nichtbeachtung des Dunstdrucks etwas zu kleine Werthe (Const. 15982); Jordan s. bei 2).

2) Meth. von Biot, „rohe Meereshöhen“. Durch Einführung der „rohen M.“ (besser Höhen üb. gemeinsamem Horizont) kann man h durch einfache Subtr. [statt Mult. wie in 1)] erhalten. Für die verschiedenen Barometerstände kann man diese Höhen entweder nur für eine bestimmte Normal-Lufttemp. oder für alle in Betracht kommenden Lufttemp. berechnen; im ersten Fall ist das durch Subtr. sich ergebende h wegen abweichender Lufttemp. mit einer Corr. zu versehen, im zweiten Fall ergibt die Subtr. direct den Höhenunterschied.

a. Man kann nämlich entweder z. B. setzen (15^0 als Normaltemp. um die bei h nothwendige Temp. Corr. klein zu machen).

$$(7) \quad h = 19484\,(\log b_1 - \log b_2) \left\{1 + 0{,}00347 \left(\frac{t_1 + t_2}{2} - 15^0\right)\right\} \text{ und}$$

Tafeln berechnen für

(8) $H_r = 19484\,(\log B - \log b)$, wo B eine bel. Const. bedeutet, dem Barometerstand entsprechend, von dessen Niveau aus die „rohen Meereshöhen“ gerechnet werden sollen (also z. B. $B = 762$, aber ebenso gut $B = 760, 780$, bei letzterer Annahme negative Werthe von H_r auch in der Niederung vermieden) und b die in Betracht kommenden Barometerstände, etwa von 0,1 zu 0,1 *mm*. Entnimmt man dieser Tafel die den Bar.-Ständen b_1 und b_2 entsprech. Werthe, H_r' und H_r'', so wird

$$(9) \quad h = H_r'' - H_r' + (H_r'' - H_r')\,(t - 15^0)\,.\,0{,}00347.$$

Nach (7) bis (9) sind sehr viele Tafeln eingerichtet worden, z. B. Radau (Paris 1864; $B = 760$), dann besonders in Oesterreich die T. von Jelinek (1872; $C = 762$), Frischauf, Hartl u. s. f. Vergl. Taf. 8, 2a ($B = 762$, Normaltemp. 15^0) und 2b, die letztere liefert sehr einfach die Temp. Corr.

Digitized by Google

b. Oder man kann, wie angedeutet, die Anwendung der „rohen M." noch wesentlich bequemer machen durch directe Rechnung einer Tafel für

(10) $H_r = 18468\ (\log B - \log b)\ (1 + 0{,}00367\ t)$ [vergl. (4)]

mit den Eingängen b und t (letzteres etwa von 1° zu 1°, b von 0,1 zu 0,1 *mm*); es wird damit

(11) $h = H_r'' - H_r'$.

Tafeln: Jordan, Bar. Höhent. (Stuttg. 1886), das bequemste Hilfsmittel für barom. Höhenberechnung (B = 762), bis zur Höhe von etwa 1600 *m* ausreichend; graphische Tafeln dieser Art: Rath-Schön, Best. von Seehöhen etc. (Wien 1871), bequemer: Vogler, graph. Bar.-Tafeln (Braunschweig 1880).

Beisp. zur Rechnung mit Taf. 8: $b_1 = 693{,}4$, $t_1 = +18$; $b_2 = 681{,}7$, $t_2 = +15$. Nach 8, 1. wird h = 11,7. 12,37 (m durch Interpol.) = 145 *m* (mit Rechenschieber), genauer 144,7 *m*; nach 8, 2. (mit Benützung der P. pr.) $h_r = 942{,}4 - 798{,}3 = 144{,}1$, Corr. aus 2 b (bei 100 + 44 in 16,5°) = +0,7 oder h = 144,8 *m*.

Vortheilhafte Anwendung des Aneroïds zu generellen Längen-Niv. (Tracéstudien) und Flächen.-Niv. (Höhen-Aufn.) bei grösseren Höhenuntersch.; für die letzteren nur in dem Fall, dass in dem der Aufnahme zu Grunde liegenden Plan u. s. f. eine genügende Zahl von Punkten nach ihrer horizontalen Lage gegeben ist.

Messungs-Methoden. 1. Gleichzeit. Beobacht. (Staffel-Methode): Zwei Beobachter lesen nach zuvoriger Festsetzung der aufzunehmenden Punkte stets gleichzeitig die Instrumente ab; u. U. bei generell. Längenprofilen.

2) Standbarometer-Methode. Mittelst des Standbarometers werden die in dem aufzunehmenden Gebiet während der Arbeit stattfindenden Luftdruckschwankungen berücksichtigt, indem ein Beobachter dasselbe alle 10 bis 15 Minuten abliest. Ebenso ist von diesem Beobachter von Zeit zu Zeit die Lufttemperatur zu messen. Die Höhenlage des Standbarometers braucht nicht bekannt zu sein, soll übrigens vom Ausgangspunkt der Feldbarometer nicht zu sehr verschieden sein und etwa der mittleren Höhe der aufzunehmenden Punkte entsprechen. Auch selbstregistrirende Instrumente sind als Standbarom., in Raum von geringen Temp.-Schwankg. aufgestellt, anwendbar. Die zulässige Entfernung der Feldbarometer vom Standbarometer hängt von der geforderten Genauigkeit der Höhenbestimmung und den meteorologischen und orographischen Umständen ab; bei genaueren Arbeiten darf sie jedenfalls nur wenige *km* betragen. [Bei ungenaueren Arbeiten (vorläufige Ermittelungen, grössere Entfg. vom Standbarometer zulässig) kann man oft die Ablesung eines besond. Standbarom. ersetzen durch die Angaben der nächstgelegenen meteorolog. Stationen.]

Bei Beginn und am Schluss der Arbeit sind die Feldbarometer mit dem Standbarometer zu vergleichen, ebenso die Uhren der Beobachter. Abweichungen sind proportional der Zeit zu vertheilen, grössere von Stössen herrührende ganz in Rechnung zu stellen. An jedem Punkt, zuerst am Ausgangspunkt, dessen Höhe bekannt sein muss, sind Zeit, Aneroïdablesung, innere Temperatur zu notiren, ferner ist von Zeit zu Zeit die Lufttemperatur zu messen. Alle Aneroïdablesungen werden sorgfältigst auf 0° und das Quecksilberbarometer reducirt; die mit demselben Feldaneroïd gemachten Beobachtungen werden auf die Qu.-Bar.-Ablesg. des Ausgangspunktes bezogen, ferner wird für jede einzelne Ablesung die Luftdrucksänderung berücksichtigt, die aus dem Standbarometermanual zu entnehmen ist. Womöglich ist für mehrere Feldbarometer dasselbe Standbarometer zu benützen.

Jedes Feldbarom.-Heft enthält: Nr. des Punkts, Zeit, Luft-Temp. (gelegentlich); Temp. des An., Ablesung am An.; dies sind die Feldnotizen, zu Hause wird eingefügt: Red. auf 0° und Qu.-Bar., Luftdruck-Corr. (aus Standbarom.-Heft), Berechnung der Höhen. Das Standbar.-Heft enthält: Zeit, Luft-Temp., Stand des An. (od. Qu.-Bar.), Red. auf 0° (und ev. Qu.-Bar.), Aenderungen des Luftdrucks für die Ablesungszeiten der Feld-Aneroïde.

Die Standbarom.-Meth. eignet sich besonders für selbstständ. barom. Messungen, bei welchen die Meereshöhen von nur einem oder sehr wenigen Punkten im Aufn.-Gebiet bekannt, oder durch welche nur die relative Höhenlage der aufg. Punkte festgestellt werden soll. Wenn

Punkte in leicht erreichbarer Nähe, deren Höhe bekannt (trig. od. geom.), diese mit aufnehmen („Anschlüsse") zur Contr.

3) Interpolations-Methoden. a. Wenn die Höhen von zwei Punkten A, B in nicht zu grosser Horiz.-Entf. bekannt, zwischen welchen die zu messenden Punkte liegen, so liefert die „Gilbert'sche" Interp.-Meth. ausgezeichnete Resultate: in jenen beiden Pkt. je ein Standbar. beob., Feldbarom. (mehrere) auf den aufzun. Punkten abzulesen; bekannte Höhen-Untersch. AB entspricht der Diff. der Standbar.-Ablesgn. u. s. f. Gute Vergleich. der Barom. erforderlich.

b. Wenn so viele Punkte von bereits bekannter Höhenlage im Aufn.-Geb. vorhanden, dass man sehr häufig anschliessen kann (alle 1/2 Stunde etwa), so sind Standbarometer entbehrlich; die Barometermessg. können dann von Einem Beobachter ausgef. werden. Man rechnet nach der Barom.-Formel (Bar.-Tafeln), braucht aber an den An. Ablesg. meist nur die Temp. Corr. (Red. auf dieselbe Temp) anzubringen; die aus den berechneten Barom.-Höhen der Anschlusspunkte gegen die bekannten Höhen derselben sich ergeb. Widersprüche werden auf die einzeln. Zwischenp. geeignet vertheilt.

c. Vielfach dabei sogar nicht einmal die barom. Höhentaf. erforderlich: einfache Interpol. zwischen gegeb. Höhenp. durch Einen Beob. Man geht vom Punkt A bekannter Höhe aus, nimmt Zwischenp. auf und sucht nach mögl. kurzer Zeit (1/4 bis 1/2 Stunde bei gew. Arbeiten) einen Anschlussp. B derart zu erreichen, dass alle Zwischenp.-Höhen thatsächlich zwischen den Höhen von A und B enthalten sind. Der bekannte Gesammt-Höh.-Unt. AB prop. den Diff. der auf die gleiche Temp. reduc. Aneroïd-Ables. zu vertheilen; in jedem Punkt also nur wieder Stand und inn. Temp. des An. zu notiren. Es empfiehlt sich, als Anbindezahlen womöglich die Mittelhöhe, bezw. Mittelablesung mehrerer Festpunkte zu nehmen. — Rechenschieber.

Bei dieser einfachen Interpolationsmethode wird vorausgesetzt, dass der Luftdruck zwischen Abgangs- und Ankunftszeit sich nicht oder doch nur proportional der durchmessenen Höhe geändert hat. Ein Nachtheil ist die Unsicherheit, wie weit zu einer bestimmten Zeit die Meth. anwendbar ist: bei längeren Zwischenzeiten und unruhigem Barometer Resultate unzuverlässig.

Genauigkeit der bar. Höhenmess. Bei keiner Art von Mess. die Resultate so abhängig von zweckmäss. Dispos., für welche sich keine allg. gilt. Vorschr. geben lassen. Kenntniss der wichtigsten meteorolog. Thatsachen für Bar. Mess. unentbehrlich. Den mittl. F. eines mit den gewöhnl. Naudet'schen und Goldschmid-Hottinger'schen An. aufg. Punkts kann man bei Höhen-Untersch. bis zu 200 *m* bei richtigem Verfahren zu etwa 1 bis 1,5 *m* annehmen; bei kleineren Höhenunterschieden und kurz dauernden Interp.-Messg. etwa 0,8 bis 1 *m*.

III. Tachymetrie und Aufnahme von Höhencurvenkarten.

Tachym. = Verbindung von Horiz.- und Höhen-Aufnahme, bei welcher es weniger auf Genauigkeit als rasche Arbeit ankommt.

I. Theodolit- und Messtisch-Tachymetrie.

1) Distanzmesser bei horiz. Ziellinie. Fernrohr eines Theod., einer Kippregel oder eines Niv.-Instr. wird zum Distanzmesser durch Beifügung der zwei horizontalen „Distanzfäden" im Fadenkreuz. Für diesen „Ocularfaden-Distanzmesser" mit festen Fäden gilt bei horiz. Ziellinie die Gl.

$$(1)\quad D = c + k \,.\, l,$$

wo D Entfernung des Lattenstandp. vom Mittelp. des Instruments, l der Lattenabschnitt zwischen den Distanzfäden, c und k Constante von Constr. des Fernrohrs abhängig. Für Porro'sches Fernrohr („anallatisch") ist c = 0; für Ramsden'sches F. c = Entfernung zwischen Instrumentenmitte und vord. Brennp. des Obj. = e + f, wo f Brennweite der Obj.-Linse; für Huygens'sches F. ebenfalls c = e + f u. damit c ist direct zu messen, für die gewöhnl. F. c = 0,3 bis 0,7 *m*. Die Hauptconst. k im Allg. am bequ. genau (oder nahezu) 100 (D wesentlich so viele *m*, als 1 *cm*); für Ing.-Zwecke genügt z. Th. selbst k = 200

Digitized by Google

Bestimmung von k (für alle Fernr. ohne weitere Linse zw. Obj. und Diaphr. ist $k = f : p$, wo p Abstand der Distanzfäden von einander; für Huygens $k = \frac{f}{p}\left(1 - \frac{y}{f'}\right)$, also k = ca. $^2/_3$ f : p, abhäng. von Entf. y zw. Obj. u. Coll. u. Br. f' des letzteren, desh. hier Diaph. nicht verschieben) durch genaues Messen von Entf. (D − c) mit Latt. (40, 60 . . . 200 *m*).

Genauigkeit von D: bei k = 100, gewöhnlicher (*cm*), von freier Hand gehaltener Latte (mit Senkel) mittl. F. bei grosser Sorgfalt etwa $^1/_4$%.

Beim Tachym.-Theod. zur Rechnung von D = c + kl Tabelle, wenn k nicht genau = 100 (l von *cm* zu *cm*), bei Tachym.-Kippregel Transversalmassstab (nach l beziffert), welcher (c + kl) sogleich in dem gewünschten Massstab 1 : M des Plans liefert (c zwischen dem durch Transversalen getheilten Abschnitt des Massstabs und dem folgenden Theil als kleine Strecke $\frac{c}{M}$ eingeschaltet).

2) Distanzmesser bei geneigter Ziellinie. Höhenwinkel der Visur (Mittelfaden) α. Latte am besten vertical (nicht ⊥ Visur). Der dem Lattenstück l zwischen den Distanzfäden entsprechende Lattenabschnitt an einer normal zur Visur gedachten Latte wäre $l \cdot \cos\alpha$, also nach 1) Entfernung zwischen Instr. Standp. A und dem Lattenpunkt, welcher dem Mittelfaden entspricht

$$(2)\quad D = c + k \cdot l \cos\alpha;$$

die horizontale Distanz d zwischen A und Lattenstandp. B demnach

$$(3)\quad d = D \cos\alpha = c\cos\alpha + kl\cos^2\alpha.$$

Da c klein, auch α meist nicht gross, kann man in (3) im ersten Glied $c\cos^2\alpha$ setzen, somit

$$(4)\quad d = D' \cos^2\alpha, \text{ wo } D' = c + kl, \text{ wie in 1) erwähnt,}$$

der Tabelle oder dem Massstab für D zu entnehmen.

Ist ferner H_a die gegebene Meereshöhe von A, i die Instrumentenhöhe (Kippaxe) in A, H_b die Höhe von B, m die Lattenablesung am Mittelfaden, so ist

$$(5)\quad H_b = H_a + h + i - m \text{ (vgl. (3) in G.), wo}$$

$$(6)\quad h = d \cdot \operatorname{tg}\alpha \left(= \frac{1}{2} D' \sin 2\alpha\right).$$

Berechnung von d und h: a. direct mit 4stell. Log. nur in dem Fall, dass die Tachymeter-Aufnahme die grösste erreichb. Genauigkeit liefern soll;

b. sonst für Tachym. Theod. Benützung von Tabellen (z. B. Jordan, Hülfstaf. für Tachymetrie, Stuttgart 1880) oder besser Rechenschieber; letztere für Ingenieur-Zwecke fast stets ausreichend und rascher als Tab.; Tachymeterschieber von Moinot, Teischinger, Decher u. s. f., am bequemsten der von Wild, welcher nach (4) und (6) (Klammer) rechnet (auf dem Läufer, mittelst dessen log $\sec^2\alpha$ von dem log D' abgezogen wird, um log d zu erhalten, bedeutet der erste Strich nach 0 4°). Für nicht sehr viele Punkte leistet für h dasselbe wie die Tachym.-Sch. der gewöhnl. Rechenschieber, nachdem d durch directen Abzug an D' gemäss Tafel 10, 1. gerechnet mit Hilfe von 10, 2.; jenen Abzug kann man, da d meist nicht genau gebraucht wird (1 bis 2%) und α meist nicht gross, bei einiger Uebung genügend schätzen, womit dann die Rechnung von h in der angedeut. Weise ebenso bequem wie mit den anderen Hilfsmitteln.

Beisp.: D' = 114,7; $\alpha = +\ 9°15'$; Abzug 2,8, also d = 111,9; h = 111,9 . 0,163 (P. pr.) = 18,2; 4stell. Log. geben d = 111,7, h = 18,20.

c. Für Tachym.-Kippregel: Diagramme, wenn der in 1) angegebene Massstab benützt; für d Diagramm, in welchem der Strahl mit der Bezeichnung α die Neigung β gegen den Nullstrahl hat, wo $\cos\beta = \cos^2\alpha$; für h Diagramm der natürl. tang. 10fach überhöht; am besten $H_a + i$ auf einf. Höhenscala *mm*-Pap.) festgelegt, mit einem Zirkel d . tg α addirt, mit zweitem m subtr. gibt H_b.

3) Tachymeter = Theod. oder Kippregel mit Distanzfäden in gutem Fernrohr, im ersten Fall grobe, leicht lesbare Theilung am Horiz.-Kreis (1°); der Höhenkreis (Höhenbogen) beider Instr. ebenfalls 1° ohne Lupe, bei starker Fernrohrvergröss. (grosse d) $^1/_2$°; auf dem Fernrohr

Digitized by Google

Nivellir-Lib. (Axe parallel Visiraxe, bei einsp. Niv.-Lib. an dem benutzten Höhenkreis-Non. die Ablesung 0); am Horizontalkreis Ein Non. benützt.

Latte: Für die meisten Arbeiten genügt eine in halbe *dm* getheilte Latte, auf der die *m* gross beziffert; mit 30facher Vergr. des Fernrohrs bis über 300 *m* brauchbar.

Arbeit: Von einem bestimmten Standp. aus (schon in Karte gegeben oder pothenotisch bestimmt u. s. f.) Fernrohr zunächst nach einem entfernten Punkt von bekannter Lage gerichtet und am Horiz.-Kreis abgelesen, beim Messtisch Visur gezogen: Instr. damit orientirt; Orientirung ev. auch mit Bussole [vgl. K. 3)]: Bussole fest oder abnehmbar (Aufsatzbuss.) am Theod., als Tischbuss. auf dem Messtisch. Aufnahme eines Lattenstandpunktes: Einstell. des Fernrohrs auf Latte, unterer Faden u auf runde Zahl, Ables. o am ob. Faden; jetzt am bequemsten Mittelfaden (m) auf nächsten runden *dm*, Lattenträger abgerufen; in der Zwischenzeit bis zur nächsten Aufstellung Ablesung von Horizontalkreis (bezw. Ziehen der Visur) und Höhenwinkel α. Bei längerem Stand auf einem Punkt von Zeit zu Zeit (für bestimmte Azim.-Unt.) die Corr. des Höhenwinkels $\Delta\alpha$ zu bestimmen, d. h. Ablesung am Höhenkreis für einspielende Nivell.-Lib. (horiz. Visur), besonders wichtig für Messtisch. Zwei Ing. zusammen arbeiten: der eine besorgt richtige Directive des Lattenträgers, der zweite die Ablesungen; ev. bei zwei oder drei Latten (bei mühsamen Wegen für die Lattenträger) beide Ing. am Instr., der eine diktirt.

Beim Auftragen Benutzung eines zweckmässigen Transporteurs, dessen Nulllinie zugleich Theilung für d (Karteneingang bei gedr. Karten berücksichtigen).

Vergleichung von 1) Tachym.-Th. und 2) Tachym.-Kippr. 2) vergrössert die theurere Feldarbeit etwas, ist nur bei ganz gutem Wetter brauchbar und nur dort rationell, wo wenige Aufstellungen nothwendig sind, also Tisch lange stehen bleiben kann, da Aufstellung umständlich, überhaupt 2) schwerfälliger als 1); dagegen gestattet 2) besser (wenn keine Sit.-Karte vorhanden ist) bei sehr complicirten Terrainformen das unmittelbare Notiren wichtiger Einzelheiten, welche für die nachfolgende Curvenconstr. und Tracirung von Belang sind. In Beziehung auf Genauigk. der Situation beim Vergleich von 1) und 2) nicht zu vergessen, dass bei 1) die Richtungen beim Auftragen mit gewöhnl. Transporteur ungenauer als die Visuren bei 2).

Neuere Tachymeter. Lassen auch die Rechnung für d und h (einige sogar für H_b) durch das Instrument ausführen. Die wichtigsten dieser Instr. sind: „Vielmesser" von Jähns, „Universaltachymeter" von Tichy und Starke, „Schnellkotirinstr." von Kreuter, „Tachygraphometer" von Wagner. Im Ganzen sind diese Instr. nicht im Stande, den einfachen Tachym.-Theod. zu verdrängen: zu theuer, z. Th. nicht einfach genug, für viele Zwecke zu schwer gegenüber einem kleinen Tachym.-Theod. Am ehesten kommt in Betracht das Instr. von Wagner (Latte ⊥ Visur; zu beziehen von Fennel in Cassel, Tesdorpf in Stuttgart; vgl. Tinter, Tachygr. von Wagner in Zeitschr. des österr. Ing. u. Arch. 1877; auch sep.), da es nach Bedarf als Messtischaufsatz oder als Theodolit verwendet werden kann, Kartirapparat (Pikirnadel an Grundschiene) gestattet im ersten Fall rasches Auftragen der Aufnahme.

Züge mit Tachym.-Theod. Stationirung von Festp. zu Festp (nach Situation und Höhe gegeben) mit optischer Distanzmessung der Seiten. Hauptanwendung bei Höhenaufnahmen, besonders im Wald; übrigens auch für genauere Arbeiten, wenn die directe Seitenmessung schwierig, im letzteren Fall entsprechend sorgfältigere Messung: Ablesg. beider Non. am Horiz.-Kreis, Durchschlagen des Fernrohrs, bei Vor- und Rückblick auf jeder Station vollständige Ablesung, so dass jede Seite 2 Mal (oder wenn erforderlich öfter) bestimmt. Im ersten, wichtigsten Falle (flüchtige Stationirung im Wald, untergeordnete Genauigkeit) Messungsvorgang wie in 3) oben, z. B. Standp. B, zwei Messgehilfen: Lattenträger in C, zweiter Messgehilfe mit Stab im vorhergehenden Standp. A, bei Visur A Horiz.-Kreis abgel. (Schätzg. ohne Non. auf 5' genügt), Messgeh. II abgerufen nach B, Instr. nach C, Latte nach D u. s. f. Nicht vergessen, die Instr.-Höhe i jedes Mal zu messen (oder constant, z. B. 1,3 *m* anzunehmen). Bei zufällig angetroffenen günstigen Ausblicken Strahlen seitwärts. Durchschnittl. Tagesleistung in nicht zu dichtem Wald etwa 6 *km*, Höhenfehler der Anschlüsse bei 500—700 *m* Länge der Züge durchschnittl. 0,2 *m*, wobei sehr kleines, leichtes Instr. verwendet. Auftragen der Züge auf Pauspapier mit Transporteur

Digitized by Goog

K. Bussolentachymetrie.

1) Der eben erwähnte Messgeh. II lässt sich ersparen durch Benutzung einer (Breithaupt'schen) Bussole mit distanzmessendem Fernrohr und Höhenbogen oder Benützung einer Aufsatz- (Reit-) Buss. auf der Kippaxe des Tachym.-Theod.: durch Eine Ablesung der Magnetnadel erhält man bereits den Richtungswinkel der betr. Visur gegen den [über die Zeit der Messung als constant anzunehmenden, vgl. 3)] magnetischen Meridian, kann also in „Springständen" arbeiten: Standp. A, Latte in C; Latte bleibt in C, Instr. nach D, Rückblick nach C, Latte nach E u. s. f. Zwischenzeit u. U. zur Rechnung der Punkte. Sehr empfindl. Magnetnadel nicht angezeigt, aber auch keine zu grossen Distanzen (dichter Wald).

2) Messband-Bussolenzüge [den Zügen der (älteren) Markscheidekunst entsprechend, nach Jordan]. Bei Höhenaufnahmen in dichtem Wald an Stelle der Züge am Schluss von I. 3) oder K. 1) auch Züge mit gleichen (schiefen) Seitenlängen von 1 Messbandlage zu 20 oder 25 *m* Länge anzuwenden. Der hintere Stab trägt Diopter-Stockbussole, Einstellung auf den vorderen gibt magnet. Az. der Bandlage (auf etwa 1°); Neigungswinkel α des Bandes (auf etwa 0,1° bis 0,2°) durch kleinen Gefällmesser, der am hinteren Stab befestigt und mit welchem Marke in gleicher Höhe am vorderen anvisirt oder freihändig vor und rückwärts. Gefällmesser von Matthes & Zugmaier (Sickler in Karlsruhe), Mayer u. v. a. (stellen die Verticale durch Gewicht her), Tesdorpf u. v. a. (stellen die Horiz. durch kleine Libelle her) vgl. auch F. Schluss. Der ganze für 2) in Betracht kommende Apparat von Tesdorpf (in Stuttgart) in guter Zusammenstellung zu beziehen.

Bei 20 *m*-Band ist Horizontaldistanz der Bandstöcke $20 \cdot \cos \alpha$, der Höh. Untersch. der Bodenscheiben beider Stöcke $20 \cdot \sin \alpha$; die Taf. 9 liefert diese Werthe. Beim Auftragen (zunächst wieder auf Pauspap.) kleines Diagramm für die Werthe 20 cos α; wenn die Bussole eine „Zulegeplatte" hat, so kann man sie selbst statt des Transporteurs zum Ziehen der Richtungen verwenden. — Mittlerer Höhenfehler pro Bandlage je nach Neigungswinkel und Bodenbeschaffenheit etwa 5—10 *cm*.

3) Declination der Magnetnadel. Bei Benützung der Bussole [I. 3), K. 1) 2)] in manchen Fällen Kenntniss der magnet. Declin. erforderlich (vergl. auch D. 7 nebst Taf. 13). Die kleine Taf. 12 im Haupttheil gibt genäherte normale Declinationen (West) in Graden in Deutschland und Oesterreich-Ungarn für die Zeit 1888,0.

Bem.: a. Die W. Declination nimmt auf dem in Betracht kommenden Gebiete gegenwärtig noch ziemlich regelmässig ab und zwar jährlich in W.-Deutschland um etwa 5′, in E.-Deutschland und Oesterreich-Ungarn um 3′.

Ausser dieser zieml. regelmässigen „Säcular-Abnahme" der Declination sind Schwankungen derselben vorhanden:

b. periodische; die für Buss.-Mess. allein etwa in Betracht kommende (von der aber gewöhnlich ebenfalls abzusehen) ist die tägl. Periode: in Europa etwa 8^h V.-M. W.-Decl. am kleinsten, gegen 10^h V.-M. Mittelwerth, 1^h N.-M. Max., um 5—6^h N.-M. wieder Mittelwerth. Unterschied zwischen Min. und Max. der W.-Decl. heisst tägl. Variation derselben. Diese beträgt für Sommermon. Ap. bis Septb. ziemlich constant 10′ bis 12′, im Dec. nur 5′, im Jahresmittel 9′ bis 10′. Die Var. hat 11jähr. Periode; die angeg. Zahlen sind Mittelwerthe, Min. : Max. = 1 : 1,8, letztes Min. 1879, letztes Max. 1884;

c. unregelmässige („Störungen"), ganz unregelmässig auftretend und oft bedeutende Beträge (einige Grade) erreichend (Zusammenhang mit Nordlicht u. s. f.). Diese weder nach Zeit noch Grösse vorherzusagenden Störungen sind der grösste Uebelstand bei Buss.-Mess.

L. Umfassendere Aufnahmen von Höhencurvenkarten grossen Massstabs; Kosten.

Den Tracirgn. des Ing. liegen jetzt fast stets Höhencurvenkarten zu Grunde, je nach Bedarf verschiedenen Massstabs. Die genauesten im Allg. erforderlich bei Melior.-Arbeiten; für Bahnen und Strassen M. etwa 1 : 1000 bis 1 : 10000, selbst noch kleiner, je nachdem die Trace des Plans (genähert) die definitive Axe oder nur Anhaltspunkte für das Detailproject liefern soll; Höhencurvenkarten kleineren Massstabs am besten durch Reduction aus Plänen grossen Massstabs zu gewinnen;

Digitized by Google

in letzteren die Horizontalcurven zu construiren aus zerstreuten „charakteristischen" Höhenpunkten, deren Zahl je nach Zweck (geford. Genauigk. der Aufn., Massstab), ferner, je nachdem grössere oder kleinere Höhenunterschiede vorhanden und insbesondere je nachdem die Oberfläche des aufzunehm. Gebietes einfache oder complicirte Formen (viele Unterbrechungen der regelmässigen Formen und Neigungen durch Wasserrisse, Terrassen u. s. f.) zeigt, eine geringere oder grössere Zahl erforderlich. Bei Plänen zu den zuletzt genannten Tracirungsarbeiten des Ing. braucht man im Allg. 100—1000 Punkte pro *qkm*, um die Oberflächenformen mit genügender Genauigkeit darstellen zu können. — Massstab und Zweck der Aufnahme, relative Höhen, Formen der darzustellenden Fläche bestimmen auch den Vert.-Abstand der zu zeichnenden Höhencurven; derselbe beträgt bei Vorarbeiten zu Melior. u. U. nur 0,2 *m*, sonst bei Plänen in den M. 1 : 1000 bis 1 : 10000 je nach Bedarf 2,5, 5 oder 10 *m*, bei topogr. Karten in 1 : 25000 im Hügelland und Mittelgebirge meist (5 und) 10 *m*. Bei Aufnahme von Höhencurvenplänen grossen Massstabs sind die Fälle zu unterscheiden: a. Situationspläne (Katasterpläne) als Grundlage sind vorhanden; b. die Situation ist vollständig mit aufzunehmen. In Culturländern ist a. jetzt die Regel und nur z. T. liegt b. vor (zusammenhängende, nicht parzellirte Waldflächen u. s. f.). Wenn in unerschlossenen Ländern b. vollständig durchzuführen ist, so reicht häufig für Ing.-Zwecke Stationirung längs der zuvor erkundeten (Barometer) ungefähren Richtung des zu projectirenden Verkehrsweges für die Herstellung der Situationsgrundlage aus; jedenfalls ein gutes Längen-Nivell. der Stationirungsaxe nach führen, selbst wenn die Längenmessung der Seiten mit dem Distanzmesser ausgeführt wird.

Im Folgenden ist vorausgesetzt, dass Katasteraufnahme vorhanden, welche nur in bestimmten Theilen des aufzunehmenden Gebiets (grosse, nicht parzellirte Acker- und Weideflächen, insbesondere aber Wald) nicht die nöthigen Anhaltspunkte (Marksteine u. s. f.) als Grundlage der Höhenaufnahme bietet; es ist ferner angenommen, dass die auszuführende Höhenaufnahme die abschliessende des betr. Gebiets sei.

Als Grundlage der Höhenaufnahme haben dann jedenfalls geom. Nivell. längs der wichtigsten Strassen, Wege (erforderlichen Falls durch Verpflocken einzutheilen), Grenzen, Wasserläufe zu dienen. Anbinden der Nivell. II. Kl. an die Höhenp. der Präc.-Nivell. (vgl. F.); es ist wichtig, bei diesen Nivell. II. Kl. Festpunkte mit aufzunehmen, welche längere Dauer versprechen (an Gebäuden, Brückenbrüstungen, Strassendohlen, Signalsteinen u. s. f.); dieselben sind mit genauer Bezeichnung in die Karten einzutragen und hervorzuheben. Die Nivell. II. Kl. sollen je nach Umst. Maschen von einigen bis 1 *km* Seite bilden; sie werden durch Nivell. III Kl. derart verbunden, dass das Gesammt-Netz dieser Vor-Nivell. des aufzunehm. Gebiets je nach Massgabe der vorhandenen Sit.-Grundlage und nach Bedarf für die folgende Ausfüllung der Maschen 100 bis 1000 *m* Entfernung der mit Längen-Nivell. versehenen Linien zeigt.

Für untergeordnete, eingebundene Linien dieser Vor-Nivell. u. U. „Schräg-Nivellem.", vgl. Schluss von G.

Für die Einschaltung der Zwischen-Höhenpunkte nach Ausführung der Vor-Nivell. sind im Folgenden an einigen Beispielen Anhaltspunkte gegeben nebst Notizen über die Kosten (vgl. auch Haas, Ueber Höhenaufnahmen, Stuttg. 1878; die dort angegebenen Kosten sind zu hoch); A bezeichnet die Gesammtkosten für 1 *qkm* für Feld-, B für Bureau-Arbeiten einschl. Material. Es ist vorausgesetzt, dass Kopien der Katasterpläne (in Württemberg lithograph. „Flurkarten" in 1 : 2500) zu Grunde liegen, dass die Tagegelder der Ingenieure im Mittel 8 Mk., der Taglohn eines Messgehülfen 2,5 Mk. betragen und die Curvenpläne in 2 Exempl. (Feld- und Reinkarte) ausgefertigt werden. In B ist die Amortisation für die Instr. im Fall sehr ausgedehnter, u. U. jahrelang dauernder Aufnahmen mit enthalten, die Kosten der Vor-Nivellements sind in A eingerechnet. Die Sätze sind etwa von einer Fläche von 3—4 *qkm* an massgebend, für kleinere (insbesondere sehr abgelegene oder ungünstig gestaltete) Flächen etwas zu erhöhen.

1) Flachland, kein Wald, starke Parzellirung, so dass Sit. völlig ausreicht, höchstens gelegentlich Einschreiten einiger Punkte durch den Lattenträger: Flächen-Nivell. mit Niv.-Instr. (möglichst oft Anbinden an Vor.-Nivell.) A = 15 M., B = 15 M.

2) Hügelland wellig, kleine Höhen-Untersch., Formen ziemlich einfach, Sit. reicht fast ganz aus (wenig Wald): z. gr. Th. Flächen-Nivell. wie oben (lange Latte), z Th. Messung der Höhenwinkel (Theod.)

Digitized by Google

mit nachträgl. Abstechen der Entfgn. aus Karte auf Bureau (vgl. G. Schluss, sorgfält. Numerirung der Stand- und Zielp.) A = 20, B = 15.

3) Hügelland mit gröss. Höh., nicht so regelm. Formen, Sit reicht nicht überall aus: ausserhalb Wald, soweit Sit. genügt, wie oben sonst Tachym.-Theod., im Wald Züge mit Tachym.-Th. od. Buss.; A = 30 B = 20.

4) Steilhalden mit gröss. Höh., aber durchaus genüg. Sit. (besonders Weinberge, auch parcellirter Wald): hier allein bei diesen genaueren Höhenaufnahmen leistet Barom.-Interpol. ausgezeichnete Dienste, während sonst Barom. fast immer zu verwerfen, wenn die Sit. der aufzunehmenden Punkte erst zu bestimmen ist (also Barom. nicht für 5. bis 7.); A = 30 (keine Messgehilfen, nur Ein Ingen.), B = 20.

5) Stark hügeliges Gebiet (Höh.-Unt. bis 200 *m* auf einigen *km* Entfg.), unregelmässige Formen, wenig Sit. vorhanden, aber ohne Wald (oder nur sehr lichter Wald): Tachym.-Theod. (Umkreis etwa 400 *m* Durchmesser beherrschend), event. bei sehr complic. Formen Tachym.-Kippregel; Standpunkte in Karte gegeben oder rückwärts eingeschnitten; einige Standpunkte auch tachym. zusammenhängen, dann aber Vor- und Rückblick und gut anschliessen; beim Theod. A = 30, B = 25; beim Messtisch A = 45, B = 15.

6) Dasselbe, mit Wald bedeckt, sehr wenig Situation: Züge mit leichtem Tachym.-Theod. oder Tachym.-Buss. oder Messband-Buss.; A = 50, B = 25.

7) Mittelgebirge mit Wald bedeckt, sehr wenig Sit.: ebenso; A = 50 bis 100 je nach Unregelmässigkeit der Formen, weniger nach Höhen-Unterschieden, B = 25.

Die vorstehend angegeb. Kosten können übrigens je nach den obwaltenden Nebenumständen beträchtliche Modificationen erleiden. Zweckmässig gebaute Instrumente (die insbesondere für Aufnahmen im Bergwald nicht zu schwer sein dürfen) und Uebung des aufnehmenden Ingenieurs lassen vielfach bedeutende Reduktion der angegebenen Zahlen zu.

Bei Tracenermittelungen in Höhencurvenplänen, besonders für Strassen und Wege, braucht man die horizontale Strecke, die für bestimmte Steigung p % zwischen zwei aufeinanderff. 5 *m* oder 10 *m* Cu. des Plans einzulegen ist [für 10 *m* Cu. gleich (1000 : p) *m*]. Man entnimmt diese Strecke bequem der Reciprokentafel Taf. 1.; z. B. liefert dieselbe für 5,5 % Steigung (= 3° 9′ für Gefällmesser, der nur Gradtheilg. hat, bei Aufsuchung der Nulllinie auf dem Feld u. s. f.) das Verhältniss 1 : 18,2, d. h. zwischen 10 *m* Cu 182 *m*, zwischen 5 *m* Cu. 91 *m* horiz. Länge u. s. f.

Digitized by Google

VI. Tafeln zum Vermessungswesen.

1. Verwandlung procentisch oder in Bruchform gegebener Steigungsverhältnisse in Neigungswinkel (alte Theilung, auf 10″ abgerundet) und umgekehrt.

Zugleich Reciprokentafel, besonders horizontale Strecken zwischen benachbarten 10 m oder 5 m Curven beim Traciren von Strassen in Curvenkarten; Tafel für kleine Winkel.

Steigung.		Nggsw.	Steigung.		Nggsw.	Steigung.		Nggsw.
%	Verh. 1:	° ′ ″	%	Verh. 1:	° ′ ″	%	Verh. 1:	° ′ ″
0,00	∞	0 0 0	**4,0**	25,0	2 17 30	**8,0**	12,5	4 34 30
0,01	10000	0 0 20	4,2	23,8	2 24 20	8,2	12,2	4 41 20
0,05	2000	0 1 40	4,4	22,7	2 31 10	8,4	11,9	4 48 10
0,1	1000	0 3 30	4,6	21,7	2 38 0	8,6	11,6	4 55 0
0,5	200	0 17 10	4,8	20,8	2 44 50	8,8	11,4	5 1 40
1,0	100	0 34 20	**5,0**	20,0	2 51 40	**9,0**	11,1	5 8 30
1,2	83,3	0 41 10	5,2	19,2	2 58 40	9,2	10,9	5 15 20
1,4	71,4	0 48 10	5,4	18,5	3 5 30	9,4	10,6	5 22 10
1,6	62,5	0 55 0	5,6	17,9	3 12 20	9,6	10,4	5 29 0
1,8	55,6	1 1 50	5,8	17,2	3 19 10	9,8	10,2	5 35 50
2,0	50,0	1 8 40	**6,0**	16,7	3 26 0	**10,0**	10,0	5 42 40
2,2	45,5	1 15 40	6,2	16,1	3 32 50	10,2	9,8	5 49 30
2,4	41,7	1 22 30	6,4	15,6	3 39 40	10,4	9,6	5 56 10
2,6	38,5	1 29 20	6,6	15,2	3 46 30	10,6	9,4	6 3 0
2,8	35,7	1 36 10	6,8	14,7	3 53 20	10,8	9,3	6 9 50
3,0	33,3	1 43 10	**7,0**	14,3	4 0 20	**11,0**	9,1	6 16 40
3,2	31,3	1 50 0	7,2	13,9	4 7 10	2 fache Bö. = 26° 34′ Nggsw.		
3,4	29,4	1 56 50	7,4	13,5	4 14 0	1½ « « = 33° 41′ «		
3,6	27,8	2 3 40	7,6	13,2	4 20 50	1¼ « « = 38° 40′ «		
3,8	26,3	2 10 30	7,8	12,8	4 27 40	¾ « « = 53° 8′ «		
4,0	25,0	2 17 30	**8,0**	12,5	4 34 30	½ « « = 63° 26′ «		

2. Reduction schief gemessener Längen mit gegebenen Neigungswinkeln (alte Theilung; vgl. Tab. 1) auf den Horizont.

Die Reductionen sind in mm angegeben.

Nggsw.		3 m	5 m	20 m	Nggsw.		3 m	5 m	20 m
°	′				°	′			
0	**0**	0	0	0	**10**	**0**	46	76	304
	30	0	0	1		30	50	84	335
1	0	0	1	3	11	0	55	92	367
	30	1	2	7		30	60	100	402
2	0	2	3	12	12	0	66	109	437
	30	3	5	19		30	71	119	474
3	0	4	7	27	13	0	77	128	513
	30	6	9	37		30	83	138	553
4	0	7	12	49	14	0	89	149	594
	30	9	15	62		30	97	159	637
5	**0**	11	19	76	**15**	**0**	102	170	681
	30	14	23	92		30	109	182	727
6	0	16	27	110	16	0	116	194	775
	30	19	32	129		30	124	206	824
7	0	22	37	149	17	0	131	219	874
	30	26	43	171		30	139	231	926
8	0	29	49	195	18	0	147	245	979
	30	33	55	220		30	155	258	1034
9	0	37	62	246	19	0	163	272	1090
	30	41	69	274		30	172	287	1147
10	**0**	46	76	304	**20**	**0**	181	302	1206

Digitized by Google

3. Kreisbogentafeln zum Abstecken nach Coordinaten mit gleichen Abscissenabschnitten von der Tangente aus.

Abscissen.	Ordinaten für einen Halbmesser von:									
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
2,5	0,317	0,209	0,157	0,125	0,105	0,090	0,078	0,069	0,063	0,057
5	1,340	0,858	0,635	0,505	0,420	0,359	0,314	0,279	0,251	0,228
7,5	3,386	2,010	1,456	1,150	0,952	0,813	0,709	0,629	0,566	0,514
10	10,000	3,820	2,679	2,087	1,716	1,459	1,270	1,125	1,010	0,917
12,5		6,709	4,387	3,350	2,727	2,303	2,002	1,770	1,588	1,439
15		15,000	6,771	5,000	4,019	3,377	2,919	2,574	2,303	2,085
20			20,000	10,000	7,639	6,277	5,359	4,689	4,174	3,765
25				25,000	13,417	10,505	8,775	7,583	6,699	6,010
30					30,000	16,972	13,542	11,459	10,000	8,902
35						35,000	20,635	16,716	14,293	12,574
40							40,000	24,385	20,000	17,251
45								45,000	28,206	23,377

Abscissen.	60	65	70	75	80	85	90	95	100	110
2,5	0,052	0,048	0,045	0,042	0,039	0,037	0,035	0,033	0,031	0,028
5	0,209	0,193	0,179	0,167	0,156	0,147	0,139	0,132	0,125	0,114
7,5	0,471	0,434	0,403	0,376	0,353	0,332	0,313	0,297	0,282	0,256
10	0,839	0,774	0,718	0,670	0,627	0,590	0,557	0,528	0,501	0,455
12,5	1,317	1,213	1,125	1,049	0,983	0,924	0,872	0,827	0,784	0,713
15	1,905	1,754	1,626	1,515	1,419	1,334	1,259	1,192	1,131	1,028
20	3,431	3,153	2,918	2,716	2,540	2,386	2,250	2,129	2,020	1,833
25	5,456	5,000	4,617	4,289	4,007	3,760	3,542	3,349	3,175	2,879
30	8,038	7,337	6,754	6,261	5,838	5,470	5,147	4,861	4,606	4,170
35	11,266	10,228	9,378	8,668	8,063	7,540	7,084	6,682	6,325	5,717
40	15,279	13,765	12,554	11,557	10,718	10,000	9,377	8,832	8,348	7,531
45	20,314	18,096	16,381	15,000	13,856	12,889	12,058	11,334	10,697	9,626
50	26,834	23,467	21,010	19,098	17,550	16,261	15,167	14,223	13,398	12,020
55				24,010	21,905	20,193	18,761	17,540	16,484	14,737
60				30,00	27,08	24,792	22,918	21,345	20,000	17,805
65				37,58	33,36	30,23	27,75	25,72	24,01	21,259

Abscissen.	120	130	140	150	160	170	180	190	200	250
5	0,104	0,096	0,089	0,083	0,078	0,074	0,069	0,066	0,063	0,050
10	0,417	0,385	0,358	0,334	0,313	0,294	0,278	0,263	0,250	0,200
15	0,941	0,868	0,806	0,752	0,705	0,663	0,626	0,593	0,563	0,450
20	1,678	1,548	1,436	1,339	1,255	1,181	1,115	1,056	1,003	0,801
25	2,633	2,427	2,250	2,098	1,965	1,848	1,745	1,652	1,569	1,253
30	3,810	3,509	3,252	3,031	2,838	2,668	2,518	2,383	2,263	1,807
35	5,218	4,800	4,446	4,140	3,875	3,642	3,436	3,252	3,086	2,462
40	6,863	6,307	5,836	5,432	5,081	4,773	4,501	4,258	4,041	3,221
45	8,757	8,037	7,429	6,909	6,458	6,064	5,716	5,406	5,128	4,083
50	10,913	10,000	9,233	8,579	8,013	7,519	7,084	6,697	6,351	5,051
55	13,346	12,208	11,256	10,447	9,750	9,143	8,609	8,135	7,711	6,125
60	16,077	14,674	13,509	12,523	11,676	10,940	10,294	9,722	9,212	7,307
65	19,129	17,417	16,004	14,815	13,798	12,917	12,146	11,464	10,857	8,598
70	22,532	20,455	18,756	17,335	16,125	15,081	14,169	13,365	12,650	10,000
75	26,33	23,82	21,784	20,096	18,667	17,439	16,369	15,429	14,595	11,515
80			25,11	23,11	21,436	20,000	18,755	17,663	16,697	13,146
85			—	—	—	—	21,384	20,074	18,961	14,894
90			32,76	30,00	27,71	25,78	24,12	22,67	21,394	16,762
95			—	—	—	—	—	—	—	18,753
100			42,02	38,20	35,10	32,52	30,33	28,45	26,79	20,871

Digitized by Google

Abscissen.	Ordinaten für einen Halbmesser von:									
	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200
10	0,167	0,125	0,100	0,083	0,072	0,062	0,056	0,050	0,045	0,042
20	0,667	0,500	0,400	0,333	0,286	0,250	0,222	0,200	0,182	0,167
30	1,504	1,127	0,901	0,750	0,643	0,563	0,500	0,450	0,409	0,375
40	2,679	2,005	1,603	1,335	1,144	1,001	0,889	0,800	0,728	0,667
50	4,196	3,137	2,506	2,087	1,788	1,564	1,390	1,251	1,137	1,042
60	6,061	4,526	3,613	3,008	2,576	2,253	2,002	1,802	1,638	1,501
70	8,281	6,173	4,924	4,097	3,509	3,068	2,726	2,453	2,230	2,043
80	10,863	8,082	6,442	5,357	4,586	4,010	3,563	3,205	2,913	2,670
90	13,818	10,256	8,167	6,789	5,810	5,079	4,511	4,058	3,688	3,380
100	17,157	12,702	10,102	8,392	7,180	6,275	5,573	5,013	4,555	4,174
110	20,894	15,422	12,250	10,170	8,697	7,599	6,747	6,068	5,514	5,052
120	25,05	18,424	14,614	12,123	10,362	9,051	8,036	7,226	6,565	6,015
130	29,63	21,71	17,196	14,253	12,177	10,633	9,438	8,486	7,709	7,062
140	34,67	25,30	20,000	16,562	14,143	12,345	10,956	9,848	8,946	8,195
150	40,19	29,19	23,03	19,053	16,260	14,188	12,588	11,314	10,275	9,412
160			26,29	21,727	18,531	16,163	14,336	12,883	11,699	10,715
170			29,79	24,59	20,957	18,271	16,201	14,556	13,216	12,103
180			33,52	27,64	23,54	20,513	18,184	16,333	14,827	13,577
190			37,51	30,88	26,28	22,89	20,284	18,216	16,533	15,137
200			41,74	34,31	29,18	25,40	22,50	20,204	18,335	16,784
210					32,24	28,05	24,84	22,298	20,231	18,518
220					35,47	30,84	27,30	24,500	22,224	20,339

Abscissen.	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2500	3000
10	0,038	0,036	0,033	0,031	0,029	0,028	0,026	0,025	0,020	0,017
20	0,154	0,143	0,133	0,125	0,118	0,111	0,105	0,100	0,080	0,067
30	0,346	0,321	0,300	0,281	0,265	0,250	0,237	0,225	0,180	0,150
40	0,616	0,572	0,533	0,500	0,471	0,444	0,421	0,400	0,320	0,267
50	0,962	0,893	0,834	0,781	0,735	0,695	0,658	0,625	0,500	0,417
60	1,385	1,286	1,200	1,125	1,059	1,000	0,948	0,900	0,720	0,600
70	1,886	1,751	1,634	1,532	1,442	1,362	1,290	1,225	0,980	0,817
80	2,464	2,288	2,135	2,001	1,883	1,779	1,685	1,601	1,280	1,067
90	3,119	2,896	2,702	2,533	2,384	2,251	2,133	2,026	1,621	1,350
100	3,852	3,576	3,337	3,128	2,944	2,780	2,633	2,502	2,001	1,667
110	4,662	4,328	4,039	3,786	3,563	3,364	3,187	3,027	2,421	2,017
120	5,550	5,152	4,808	4,506	4,242	4,004	3,793	3,603	2,882	2,401
130	6,516	6,049	5,644	5,290	4,978	4,701	4,453	4,229	3,382	2,818
140	7,560	7,018	6,548	6,137	5,775	5,453	5,165	4,906	3,923	3,268
150	8,683	8,059	7,519	7,047	6,631	6,261	5,930	5,633	4,504	3,752
160	9,884	9,173	8,558	8,020	7,546	7,125	6,749	6,410	5,125	4,270
170	11,163	10,360	9,664	9,057	8,521	8,046	7,621	7,238	5,787	4,821
180	12,522	11,620	10,839	10,157	9,556	9,023	8,545	8,116	6,488	5,405
190	13,960	12,953	12,082	11,321	10,651	10,056	9,524	9,045	7,230	6,023
200	15,477	14,359	13,393	12,549	11,806	11,146	10,556	10,025	8,013	6,674
210	17,074	15,840	14,773	13,841	13,020	12,292	11,641	11,056	8,836	7,359
220	18,751	17,394	16,221	15,197	14,295	13,495	12,780	12,137	9,699	8,078
230	20,508	19,022	17,738	16,618	15,631	14,755	13,972	13,269	10,603	8,829
240		20,725	19,324	18,102	17,026	16,072	15,219	14,452	11,547	9,615
250			20,980	19,652	18,483	17,445	16,519	15,686	12,531	10,435
260				21,266	20,000	18,877	17,874	16,972	13,557	11,288
270						20,365	19,282	18,309	14,623	12,175
280							20,745	19,697	15,729	13,095
290								21,137	16,877	14,049
300									18,065	15,038
310									19,294	16,059
320									20,565	17,115

Digitized by Google

4. Kreisbogentafel zum Abstecken mit Hilfe von Theodolit und 20 m-Messband.

Peripheriewinkel für verschiedene Halbmesser und 20 m Sehnenlänge (alte Kreistheilung).

R	∢			R	∢			R	∢			R	∢		
	°	′	″		°	′	″		°	′	″		°	′	″
200	2	51	58	450	1	16	24	700	0	49	7	950	0	36	11
220	2	36	19	460	1	14	44	720	0	47	45	960	0	35	49
240	2	23	17	480	1	11	37	740	0	46	27	980	0	35	5
250	2	17	33	500	1	8	46	750	0	45	50	1000	0	34	23
260	2	12	15	520	1	6	7	760	0	45	14	1100	0	31	15
280	2	2	48	540	1	3	40	780	0	44	4	1200	0	28	39
300	1	54	37	550	1	2	30	800	0	42	58	1300	0	26	27
320	1	47	27	560	1	1	23	820	0	41	56	1400	0	24	33
340	1	41	7	580	0	59	16	840	0	40	55	1500	0	22	55
350	1	38	14	600	0	57	18	850	0	40	27	1600	0	21	29
360	1	35	30	620	0	55	27	860	0	39	58	1700	0	20	13
380	1	30	29	640	0	53	43	880	0	39	4	1800	0	19	6
400	1	25	57	650	0	52	53	900	0	38	12	1900	0	18	6
420	1	21	52	660	0	52	5	920	0	37	22	2000	0	17	11
440	1	18	8	680	0	50	33	940	0	36	34	3000	0	11	27

Für eine 10 m lange Sehne sind oben einfach die Radien zu halbiren, für ein 25 m-Messband mit 5/4 zu multipliciren.

5. Tafel zur genäherten Bestimmung des Halbmessers

eines Kreisbogens von 10 m Sehnenlänge (oder Bogenlänge) und der Pfeilhöhe h (in cm).

h in cm	R in m	h in cm	R in m	h in cm	R in m	h in cm	R in m	h in cm	R in m
0,0	∞	10	125	40	31	70	18	100	13
0,5	2500	15	83	45	28	75	17	105	12
1,0	1250	20	62	50	25	80	16	110	11
2,0	625	25	50	55	23	85	15	115	11
2,5	500	30	42	60	21	90	14	120	10
5,0	250	35	36	65	19	95	13		

Für eine 5 m lange Sehne sind oben einfach die Radien mit 4 zu dividiren für eine 20 m lange Sehne mit 4 zu multipliciren.

6. Uebergangscurven.

1. Tafel zum Abstecken der Uebergangscurven

für Metermaass: $c = 12000$, $y = \frac{x^3}{6c}$.

x	y	x	y	x	y	x	y	x	y
2	0,000	14	0,038	26	0,244	38	0,762	50	1,736
4	0,001	16	0,057	28	0,305	40	0,889	52	1,953
6	0,003	18	0,081	30	0,375	42	1,029	54	2,187
8	0,007	20	0,111	32	0,455	44	1,183	56	2,439
10	0,014	22	0,148	34	0,546	46	1,352	58	2,710
12	0,024	24	0,192	36	0,648	48	1,536	60	3,000

2. Tafel für die Coordinaten (a und b) des Berührungspunktes zwischen Uebergangscurve und Kreisbogen.

R	a	b	R	a	b	R	a	b
150	80,000	7,111	250	48,000	1,536	500	24,000	0,192
155	77,419	6,445	275	43,636	1,153	550	21,818	0,145
160	75,000	5,864	300	40,000	0,889	600	20,000	0,111
165	72,727	5,343	350	34,286	0,560	650	18,462	0,087
170	70,589	4,885	360	33,333	0,514	700	17,143	0,070
175	68,571	4,478	380	31,579	0,437	750	16,000	0,057
180	66,666	4,115	400	30,000	0,375	800	15,000	0,047
190	63,158	3,484	420	28,571	0,324	850	14,118	0,039
200	60,000	3,000	440	27,273	0,282	900	13,333	0,033
225	53,333	2,107	450	26,667	0,263	1000	12,000	0,024

Für $c = 6000$ sind die in der ersten Tabelle angegebenen Werthe für y zu verdoppeln, die in der zweiten Tabelle für a angegebenen Werthe zu halbiren und diejenigen für b durch 4 zu dividiren.

Digitized by Google

7. Vermittelung des Gefällwechsels auf Eisenbahnen.

Ordinaten für einen Halbmesser von:

Abscissen.	5000	7500	10000	15000	Abscissen.	5000	7500	10000	15000
5	0,003	0,002	0,002	0,001	65	0,422	0,282	0,211	0,141
10	0,010	0,007	0,005	0,003	70	0,490	0,327	0,245	0,163
15	0,023	0,015	0,011	0,008	75	0,562	0,375	0,281	0,187
20	0,040	0,027	0,020	0,013	80	0,640	0,427	0,320	0,213
25	0,063	0,042	0,031	0,021	85	0,722	0,481	0,361	0,240
30	0,090	0,060	0,045	0,030	90	0,810	0,540	0,405	0,270
35	0,122	0,082	0,061	0,041	95	0,902	0,601	0,451	0,300
40	0,160	0,107	0,080	0,053	100	1,000	0,667	0,500	0,333
45	0,202	0,135	0,101	0,067	105	1,102	0,735	0,551	0,367
50	0,250	0,167	0,125	0,083	110	1,210	0,807	0,605	0,403
55	0,302	0,212	0,151	0,106	115	1,322	0,883	0,661	0,441
60	0,360	0,240	0,180	0,120	120	1,440	0,960	0,720	0,480

8. Barometrische Höhenbestimmung.

1. Werthe m der barometrischen Höhenstufe (m Höhendiff. für 1 mm Barometerdiff.) für Deutschland nach Jordan.

$\varphi = 50°$, Mittelhöhe 500 m, Dunstdruck = 1% von b.

$b_1 + b_2 =$

$\frac{1}{2}(t_1+t_2)$	1200	1210	1220	1230	1240	1250	1260	1270	1280	1290	1300	1310
−10	12,88	12,77	12,67	12,57	12,47	12,37	12,27	12,17	12,08	11,98	11,88	11,79
− 5	13,12	13,01	12,91	12,81	12,70	12,60	12,50	12,40	12,31	12,21	12,11	12,02
0	13,37	13,25	13,15	13,04	12,94	12,84	12,73	12,63	12,54	12,44	12,34	12,25
+ 5	13,61	13,50	13,39	13,28	13,18	13,07	12,96	12,86	12,76	12,66	12,56	12,47
+10	13,85	13,74	13,63	13,52	13,41	13,30	13,20	13,09	12,99	12,89	12,79	12,69
+15	14,10	13,98	13,87	13,76	13,65	13,54	13,43	13,32	13,22	13,12	13,01	12,92
+20	14,34	14,23	14,11	14,00	13,88	13,77	13,66	13,55	13,45	13,35	13,24	13,14
+25	14,59	14,47	14,35	14,23	14,12	14,01	13,89	13,79	13,68	13,57	13,47	13,36
+30	14,82	14,70	14,58	14,47	14,36	14,24	14,13	14,02	13,91	13,80	13,69	13,59

$b_1 + b_2 =$

$\frac{1}{2}(t_1+t_2)$	1320	1330	1340	1350	1360	1370	1380	1390	1400	1410	1420	1430
−10	11,70	11,62	11,53	11,44	11,36	11,28	11,20	11,12	11,04	10,96	10,88	10,81
− 5	11,93	11,84	11,75	11,66	11,58	11,49	11,41	11,33	11,25	11,17	11,09	11,01
0	12,15	12,06	11,97	11,88	11,79	11,71	11,62	11,54	11,46	11,38	11,30	11,22
+ 5	12,37	12,28	12,19	12,10	12,01	11,92	11,83	11,75	11,67	11,58	11,50	11,42
+10	12,60	12,50	12,41	12,32	12,23	12,14	12,05	11,96	11,87	11,79	11,71	11,63
+15	12,82	12,72	12,63	12,53	12,44	12,35	12,26	12,17	12,08	12,00	11,91	11,83
+20	13,04	12,94	12,85	12,75	12,66	12,56	12,47	12,38	12,30	12,21	12,12	12,04
+25	13,26	13,16	13,07	12,97	12,87	12,78	12,69	12,60	12,50	12,42	12,33	12,24
+30	13,49	13,38	13,29	13,19	13,09	12,99	12,90	12,81	12,72	12,62	12,54	12,45

$b_1 + b_2 =$

$\frac{1}{2}(t_1+t_2)$	1440	1450	1460	1470	1480	1490	1500	1510	1520	1530	1540	1550
−10	10,73	10,66	10,59	10,51	10,44	10,37	10,30	10,24	10,17	10,10	10,04	9,97
− 5	10,94	10,86	10,79	10,71	10,64	10,57	10,50	10,43	10,36	10,29	10,22	10,16
0	11,14	11,06	10,99	10,91	10,84	10,77	10,69	10,62	10,55	10,48	10,41	10,35
+ 5	11,34	11,26	11,19	11,11	11,04	10,96	10,89	10,82	10,74	10,67	10,60	10,54
+10	11,55	11,47	11,39	11,31	11,23	11,16	11,08	11,01	10,94	10,87	10,80	10,73
+15	11,75	11,67	11,59	11,51	11,43	11,36	11,28	11,20	11,13	11,06	10,99	10,92
+20	11,95	11,87	11,79	11,71	11,63	11,55	11,48	11,40	11,32	11,25	11,18	11,11
+25	12,16	12,07	11,99	11,91	11,83	11,75	11,67	11,59	11,52	11,44	11,36	11,29
+30	12,36	12,28	12,19	12,11	12,03	11,95	11,87	11,79	11,71	11,63	11,55	11,47

Digitized by Google

2a. Höhen Hr der barometrisch best. Punkte über einem gemeinsamen Nullpunkt für die Normaltemp. 15° C. S. g. Rohe Meereshöhen; $\varphi = 50°$, Mittelhöhe 500 m. Dunstdruck 1% von b.

b in mm	0	1	2	3	4	5	6	7		9
60	2022,4	2008,3	1994,3	1980,2	1966,2	1952,2	1938,2	1924,3	1910,4	1896,4
61	1882,6	1868,7	1854,9	1841,1	1827,3	1813,5	1799,7	1786,0	1772,3	1758
62	1744,9	1731,3	1717,7	1704,1	1690,5	1677,0	1663,4	1649,9	1636,5	1623,0
63	1609,6	1596,2	1582,8	1569,5	1556,1	1542,8	1529,5	1516,2	1502,9	1489,7
64	1476,4	1463,2	1450,0	1436,8	1423,7	1410,6	1397,5	1384,4	1371,3	1358,2
65	1345,1	1332,2	1319,2	1306,2	1293,3	1280,3	1267,4	1254,5	1241,7	1228,8
66	1216,0	1203,2	1190,4	1177,6	1164,9	1152,2	1139,4	1126,7	1114,1	1101,4
67	1088,8	1076,2	1063,6	1051,0	1038,4	1025,9	1013,4	1000,9	988,3	975,8
68	963,4	950,9	938,5	926,1	913,7	901,4	889,0	876,7	864,4	852,1
69	839,9	827,6	815,4	803,2	791,0	778,8	766,6	754,4	742,3	730,2
70	718,1	706,1	694,0	682,0	669,9	657,9	645,9	634,0	622,0	610,1
71	598,1	586,2	574,2	562,4	550,5	538,7	526,8	515,0	503,3	491,5
72	479,7	468,0	456,3	444,5	432,9	421,2	409,5	397,9	386,2	374,6
73	363,0	351,4	339,9	328,3	316,8	305,3	293,8	282,3	270,8	259,4
74	247,9	236,5	225,1	213,7	202,3	190,9	179,5	168,2	156,9	145,6
75	134,3	123,0	111,8	100,5	89,3	78,1	66,9	55,7	44,5	33,4
76	22,2	11,1	0,0	—11,1	—22,2	—33,3	—44,4	—55,5	—66,5	—77,5
77	— 88,5	— 99,5	—110,5	—121,4	—132,3	—143,2	—154,1			

Diff.	P. pr. 1	2	3	4	5	6	7	8	9
14	1,4	2,8	4,2	5,6	7,0	8,4	9,8	11,2	12,6
13,5	1,4	2,7	4,1	5,4	6,8	8,1	9,5	10,8	12,2
13	1,3	2,6	3,9	5,2	6,5	7,8	9,1	10,4	11,7
12,5	1,3	2,5	3,8	5,0	6,3	7,5	8,8	10,0	11,3
12	1,2	2,4	3,6	4,8	6,0	7,2	8,4	9,6	10,8
11,5	1,2	2,3	3,5	4,6	5,8	6,9	8,1	9,2	10,4
11	1,1	2,2	3,3	4,4	5,5	6,6	7,7	8,8	9,9

2b. Correction wegen von 15° abweich. Lufttemp.

Corr. ist $\left\{\begin{matrix}+\\-\end{matrix}\right\}$, je nachdem $\frac{1}{2}(t_1+t_2) \gtrless 15°$.

$\frac{t_1+t_2}{2}$	hr in m 10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	200	300	$\frac{t_1+t_2}{2}$
— 5	0,7	1,4	2,1	2,8	3,5	4,2	4,9	5,6	6,3	7,0	13,9	20,8	+35
— 4	0,7	1,3	2,0	2,6	3,3	4,0	4,6	5,3	5,9	6,6	13,2	19,8	+34
— 3	0,6	1,3	1,9	2,5	3,1	3,8	4,4	5,0	5,6	6,3	12,5	18,8	+33
— 2	0,6	1,2	1,8	2,4	3,0	3,5	4,1	4,7	5,3	5,9	11,8	17,7	+32
— 1	0,6	1,1	1,7	2,2	2,8	3,3	3,9	4,4	5,0	5,6	11,1	16,7	+31
0	0,5	1,0	1,6	2,1	2,6	3,1	3,6	4,2	4,7	5,2	10,4	15,6	+30
+ 1	0,5	1,0	1,5	1,9	2,4	2,9	3,4	3,9	4,4	4,9	9,7	14,6	+29
+ 2	0,5	0,9	1,4	1,8	2,3	2,7	3,2	3,6	4,1	4,5	9,0	13,6	+28
+ 3	0,4	0,8	1,3	1,7	2,1	2,5	2,9	3,3	3,8	4,2	8,3	12,5	+27
+ 4	0,4	0,8	1,1	1,5	1,9	2,3	2,7	3,1	3,4	3,8	7,6	11,5	+26
+ 5	0,3	0,7	1,0	1,4	1,7	2,1	2,4	2,8	3,1	3,5	7,0	10,4	+25
+ 6	0,3	0,6	0,9	1,3	1,6	1,9	2,2	2,5	2,8	3,1	6,3	9,4	+24
+ 7	0,3	0,6	0,8	1,1	1,4	1,7	1,9	2,2	2,5	2,8	5,6	8,3	+23
+ 8	0,2	0,5	0,7	1,0	1,2	1,5	1,7	1,9	2,2	2,4	4,9	7,3	+22
+ 9	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,3	1,5	1,7	1,9	2,1	4,2	6,3	+21
+10	0,2	0,3	0,5	0,7	0,9	1,0	1,2	1,4	1,6	1,7	3,5	5,2	+20
+11	0,1	0,3	0,4	0,6	0,7	0,8	1,0	1,1	1,3	1,4	2,8	4,2	+19
+12	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	2,1	3,1	+18
+13	0,1	0,1	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,6	0,7	1,4	2,1	+17
+14	0,0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,7	1,0	+16
+15	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	+15

Bei geogr. Br. ($50° \pm k°$) sind die aus 1. oder 2. berechneten Höhen um $0{,}0k$% zu $\left\{\begin{matrix}\text{verkleinern}\\\text{vergrössern}\end{matrix}\right\}$; bei Mittelhöhe von $(500 + k.500)$ Meter sind die Höhen um $(0{,}015 . k)$% zu vergrössern. Der Feuchtigkeitscoëfficient in der ursprünglichen Barometerformel ist, wenn d Dunstdruck (in mm, wenn b in mm) $\left(1 + \frac{3}{8}\frac{d}{b}\right)$. — Abzug an der Ablesung B des Qu.-Bar., um auf 0° zu reduciren, wenn bezw. Holz-, Messing-, Glasskala (mm) vorhanden, die je bei 0° ihre wahre Länge hat und wenn t die Temp. in C°, bezw. —0,00018 Bt, — 0,00016 Bt, ,—000017 Bt.

Digitized by Google

9. Trigonometrische Höhenbestimmung.

Hauptcorrection $\frac{1-k}{2r}a^2$ (Erdkrümmung und Refraction) an a. tgα; log r = 6.8049 (m).

a in m	$\frac{a^2}{2r}$ m	$a^2\frac{1-k}{2r}$ in m für k = 0,11	**0,13**	0,14	0,15	a in km	$\frac{a^2}{2r}$ m	$a^2\frac{1-k}{2r}$ in m für k = 0,11	**0,13**	0,14	0,15
500	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	6	2,8	2,5	2,5	2,4	2,4
1000	0,08	0,07	0,07	0,07	0,07	7	3,8	3,4	3,3	3,3	3,3
1500	0,18	0,15	0,15	0,15	0,15	8	5,0	4,5	4,4	4,3	4,3
2000	0,31	0,28	0,27	0,27	0,27	9	6,3	5,6	5,5	5,5	5,4
2500	0,49	0,44	0,43	0,42	0,42	10	7,8	7,0	6,8	6,7	6,7
3000	0,71	0,62	0,61	0,61	0,60	12	11,3	10,0	9,8	9,7	9,6
3500	0,96	0,86	0,84	0,83	0,82	14	15,4	13,7	13,4	13,3	13,1
4000	1,25	1,12	1,09	1,08	1,07	16	20,1	17,8	17,4	17,2	17,0
4500	1,59	1,41	1,38	1,36	1,35	18	25,4	22,6	22,1	21,9	21,6
5000	1,96	1,74	1,70	1,68	1,66	20	31,3	27,9	27,3	27,0	26,7

10. Tachymetertafeln für Fadendistanzmesser.

1. Abzug an D′ = c + k.l, um die Horizontaldistanz d = D′ cos²α zu erhalten. — (Die Werthe für D′ = 100 liefern den Abzug in Procenten.)

α ° ′	Werthe von D′ 20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	300	400
1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1
2	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,4	0,5
3	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,8	1,1
4	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,5	1,9
5	0,2	0,3	0,5	0,6	0,8	0,9	1,1	1,2	1,4	1,5	2,3	3,0
6	0,2	0,4	0,7	0,9	1,1	1,3	1,5	1,7	2,0	2,2	3,3	4,4
7	0,3	0,6	0,9	1,2	1,5	1,8	2,1	2,4	2,7	3,0	4,4	5,9
8	0,4	0,8	1,2	1,5	1,9	2,3	2,7	3,1	3,5	3,9	5,8	7,7
9	0,5	1,0	1,5	2,0	2,4	2,9	3,4	3,9	4,4	4,9	7,3	9,8
10	0,6	1,2	1,8	2,4	3,0	3,6	4,2	4,8	5,4	6,0	9,0	12,1
10 30	0,7	1,3	2,0	2,7	3,3	4,0	4,6	5,3	6,0	6,6	9,9	13,3
11 —	0,7	1,5	2,2	2,9	3,6	4,4	5,1	5,8	6,5	7,3	10,9	14,5
11 30	0,8	1,6	2,4	3,2	4,0	4,8	5,6	6,4	7,2	8,0	11,9	15,9
12 —	0,9	1,7	2,6	3,5	4,3	5,2	6,1	6,9	7,8	8,6	13,0	17,3
12 30	0,9	1,9	2,8	3,7	4,7	5,6	6,6	7,5	8,4	9,4	14,1	18,7
13 —	1,0	2,0	3,0	4,0	5,1	6,1	7,1	8,1	9,1	10,1	15,2	20,2
13 30	1,1	2,2	3,3	4,4	5,4	6,5	7,6	8,7	9,8	10,9	16,3	21,8
14 —	1,2	2,3	3,5	4,7	5,8	7,0	8,2	9,4	10,5	11,7	17,5	23,4
14 30	1,3	2,5	3,8	5,0	6,3	7,5	8,8	10,0	11,3	12,5	18,8	25,1
15 —	1,3	2,7	4,0	5,4	6,7	8,0	9,4	10,7	12,1	13,4	20,1	26,8
15 30	1,4	2,9	4,3	5,7	7,1	8,6	10,0	11,4	12,8	14,3	21,4	28,5
16 —	1,5	3,0	4,6	6,1	7,6	9,1	10,6	12,2	13,7	15,2	22,8	30,4
16 30	1,6	3,2	4,8	6,4	8,1	9,7	11,3	12,9	14,5	16,1	24,2	32,2
17 —	1,7	3,4	5,1	6,8	8,5	10,3	12,0	13,7	15,4	17,1	25,6	34,1
17 30	1,8	3,6	5,4	7,2	9,0	10,8	12,7	14,5	16,3	18,1	27,1	36,1
18 —	1,9	3,8	5,7	7,6	9,5	11,5	13,4	15,3	17,2	19,1	28,6	38,2
18 30	2,0	4,0	6,0	8,0	10,1	12,1	14,1	16,1	18,1	20,1	30,2	40,2
19 —	2,1	4,2	6,4	8,5	10,6	12,7	14,8	17,0	19,1	21,2	31,8	42,3
19 30	2,2	4,5	6,7	8,9	11,1	13,4	15,6	17,8	20,0	22,2	33,3	44,5
20 —	2,3	4,7	7,0	9,3	11,7	14,0	16,4	18,7	21,1	23,3	35,0	46,7

2. Natürliche Werthe der *tang*, um h = d . tg α mit dem gewöhnlichen Rechenschieber zu rechnen.

H. W. α °	tg α	Diff.	H. W. α °	tg α	Diff.	P. pr. für ′ ′	17	18	19
0	0,000	17	10	0,176	18	5	0,001	0,002	0,002
1	0,017	18	11	0,194	19	10	3	3	3
2	0,035	17	12	0,213	18	15	4	5	5
3	0,052	18	13	0,231	18	20	6	6	6
4	0,070	17	14	0,249	19	25	7	8	8
5	0,087	18	15	0,268	19	30	0,008	0,009	0,010
6	0,105	18	16	0,287	19	35	10	11	11
7	0,123	18	17	0,306	19	40	11	12	13
8	0,141	17	18	0,325	19	45	13	14	14
9	0,158	18	19	0,344	20	50	14	15	16
10	0 176		20	0,364		55	16	17	17

11. Tachymetertafel für Messbandbussolenzüge.

Horizontaldistanz und Höhenunterschied der Endpunkte des unter α gegen den Horizont geneigten 20 m-Bandes nach Jordan. Die Punkte bedeuten die Erhöhung der vorgesetzten Ziffern um eine Einheit.

20. cos α	α	20. sin α					20. cos α	α	20. sin α				
	o	,0	,2	,4	,6	,8		o	,0	,2	,4	,6	,8
20,0	0	0,00	,07	,14	,21	,28	18,8	20	6,84	,91	,97	.,04	.,10
20,0	1	0,35	,42	,49	,56	,63	18,7	21	7,17	,23	,30	,36	,43
20,0	2	0,70	,77	,84	,91	,98	18,5	22	7,49	,56	,62	,69	,75
20,0	3	1,05	,12	,19	,26	,33	18,4	23	7,81	,88	,94	.,01	.,07
20,0	4	1,40	,46	,53	,60	,67	18,3	24	8,13	,20	,26	,33	,39
19,9	5	1,74	,81	,88	,95	.,02	18,1	25	8,45	,52	,58	,64	,70
19,9	6	2,09	,16	,23	,30	,37	18,0	26	8,77	,83	,89	,96	.,02
19,9	7	2,44	,51	,58	,65	,71	17,8	27	9,08	,14	,20	,27	,33
19,8	8	2,78	,85	,92	,99	.,06	17,7	28	9,39	,45	,51	,57	,64
19,8	9	3,13	,20	,27	,33	,40	17,5	29	9,70	,76	,82	,88	,94
19,7	10	3,47	,54	,61	,68	,75	17,3	30	10,00	,06	,12	,18	,24
19,6	11	3,82	,88	,95	.,02	.,09	17,1	31	10,30	,36	,42	,48	,54
19,6	12	4,16	,23	,29	,36	,43	17,0	32	10,60	,66	,72	,78	,83
19,5	13	4,50	,57	,63	,70	,77	16,8	33	10,89	,95	.,01	.,07	.,13
19,4	14	4,84	,91	,97	.,04	.,11	16,6	34	11,18	,24	,30	,36	,41
19,3	15	5,18	,24	,31	,38	,45	16,4	35	11,47	,53	,59	,64	,70
19,2	16	5,51	,58	,65	,71	,78	16,2	36	11,76	,81	,87	,92	,98
19,1	17	5,85	,91	,98	.,05	.,11	16,0	37	12,04	,09	,15	,20	,26
19,0	18	6,18	,25	,31	,38	,45	15,8	38	12,31	,37	,42	,48	,53
18,9	19	6,51	,58	,64	,71	,77	15,5	39	12,59	,64	,69	,75	,80

12. Tafel der normalen Declination der Magnetnadel (in Graden W.) in Deutschland und Oesterreich-Ungarn für die Zeit 1888,0.

Geogr. Breite.	Länge E. Greenw. (Gr. 17°40′ E. Ferro.)									
	6°	7°	8°	9°	10°	11°	12°	13°	14°	15°
45°	13,8	13,3	12,9	12,5	12,0	11,6	11,2	10,8	10,4	9,9
50°	14,3	13,8	13,4	13,0	12,4	12,0	11,5	10,9	10,4	9,9
55°	15,1	14,6	13,9	13,5	12,9	12,3	11,7	11,1	10,5	9,9
	16°	17°	18°	19°	20°	21°	22°	23°	24°	25°
45°	9,5	9,0	8,5	8,0	7,5	7,1	6,6	6,2	5,8	5,3
50°	9,4	8,8	8,2	7,7	7,1	6,6	6,0	5,5	5,1	4,7
55°	9,4	8,7	8,1	7,5	6,9	6,3	5,7	5,2	4,7	4,1

13. Tafel der Meridianconvergenz (in Minuten).

Geogr. Breite.	Ordinate y in *km*.											
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
45°	3′	5′	8′	11′	13′	16′	19′	22′	24′	27′	30′	32′
47°	3	6	9	12	14	17	20	23	26	29	32	35
49°	3	6	9	12	15	19	22	25	28	31	34	37
51°	3	7	10	13	17	20	23	27	30	33	36	40
53°	4	7	11	14	18	21	25	29	32	36	39	43
55°	4	8	12	15	19	23	27	31	34	38	42	46

Jährliche Abnahme der normalen W. Declination im W. des angegebenen Gebiets gegenwärtig noch etwa 5′, im E. etwa 3′.

Digitized by Google

VII. Tafel zum Uebergang von der alten Kreistheilung in die neue.

° in ᵍ (Grade).

°	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	ᵍ	ᵍ	ᵍ	ᵍ	ᵍ	ᵍ	ᵍ	ᵍ	ᵍ	ᵍ
00	0,0..	1,1..	2,2..	3,3..	4,4..	5,5..	6,6..	7,7..	8,8..	10,0..
10	11,1..	12,2..	13,3..	14,4..	15,5..	16,6..	17,7..	18,8..	20,0..	21,1..
20	22,2..	23,3..	24,4..	25,5..	26,6..	27,7..	28,8..	30,0..	31,1..	32,2..
30	33,3..	34,4..	35,5..	36,6..	37,7..	38,8..	40,0..	41,1..	42,2..	43,3..
40	44,4..	45,5..	46,6..	47,7..	48,8..	50,0..	51,1..	52,2..	53,3..	54,4..
50	55,5..	56,6..	57,7..	58,8..	60,0..	61,1..	62,2..	63,3..	64,4..	65,5..
60	66,6..	67,7..	68,8..	70,0..	71,1..	72,2..	73,3..	74,4..	75,5..	76,6..
70	77,7..	78,8..	80,0..	81,1..	82,2..	83,3..	84,4..	85,5..	86,6..	87,7..
80	88,8..	90,0..	91,1..	92,2..	93,3..	94,4..	95,5..	96,6..	97,7..	98,8..
90	100,0..	101,1..	102,2..	103,3..	104,4..	105,5..	106,6..	107,7..	108,8..	110,0..
100	111,1..	112,2..	113,3..	114,4..	115,5..	116,6..	117,7..	118,8..	120,0..	121,1..
110	122,2..	123,3..	124,4..	125,5..	126,6..	127,7..	128,8..	130,0..	131,1..	132,2..
120	133,3..	134,4..	135,5..	136,6..	137,7..	138,8..	140,0..	141,1..	142,2..	143,3..
130	144,4..	145,5..	146,6..	147,7..	148,8..	150,0..	151,1..	152,2..	153,3..	154,4..
140	155,5..	156,6..	157,7..	158,8..	160,0..	161,1..	162,2..	163,3..	164,4..	165,5..
150	166,6..	167,7..	168,8..	170,0..	171,1..	172,2..	173,3..	174,4..	175,5..	176,6..
160	177,7..	178,8..	180,0..	181,1..	182,2..	183,3..	184,4..	185,5..	186,6..	187,7..
170	188,8..	190,0..	191,1..	192,2..	193,3..	194,4..	195,5..	196,6..	197,7..	198,8..

′ in ᶜ (0,01 ᵍ).

′	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	ᶜ	ᶜ	ᶜ	ᶜ	ᶜ	ᶜ	ᶜ	ᶜ	ᶜ	ᶜ
00	0,00	1,85	3,70	5,56	7,41	9,26	11,11	12,96	14,82	16,67
10	18,52	20,37	22,22	24,07	25,93	27,78	29,63	31,48	33,33	35,19
20	37,04	38,89	40,74	42,59	44,44	46,30	48,15	50,00	51,85	53,70
30	55,56	57,41	59,26	61,11	62,96	64,82	66,67	68,52	70,37	72,22
40	74,07	75,93	77,78	79,63	81,48	83,33	85,19	87,04	88,89	90,74
50	92,59	94,44	96,30	98,15	100,00	101,85	103,70	105,56	107,41	109,26

″ in ᵉ (0,0001 ᵍ).

″	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	ᵉ	ᵉ	ᵉ	ᵉ	ᵉ	ᵉ	ᵉ	ᵉ	ᵉ	ᵉ
00	0	3	6	9	12	15	19	22	25	28
10	31	34	37	40	43	46	49	53	56	59
20	62	65	68	71	74	77	80	83	86	90
30	93	96	99	102	105	108	111	114	117	120
40	124	127	130	133	136	139	142	145	148	151
50	154	157	161	164	167	170	173	176	179	182

$1^{\circ} = 1{,}11\ldots^{g}$; $1' = 0{,}0185185\ldots^{g}$; $1'' = 0{,}00030864\ldots^{g}$

Für neue Theilung ist

0^{g}	$= 63{,}6620^{g}$	$\log = 1{,}80388$
0^{c}	$= 6366{,}20^{c}$	$\log = 3{,}80388$
0^{e}	$= 636620^{e}$	$\log = 5{,}80388$

Digitized by Google

VIII. Tafel zum Uebergang von der neuen Kreistheilung in die alte.

g in °′.

g	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	° ′	° ′	° ′	° ′	° ′	° ′	° ′	° ′	° ′	° ′
00	0 0	0 54	1 48	2 42	3 36	4 30	5 24	6 18	7 12	8 6
10	9 0	9 54	10 48	11 42	12 36	13 30	14 24	15 18	16 12	17 6
20	18 0	18 54	19 48	20 42	21 36	22 30	23 24	24 18	25 12	26 6
30	27 0	27 54	28 48	29 42	30 36	31 30	32 24	33 18	34 12	35 6
40	36 0	36 54	37 48	38 42	39 36	40 30	41 24	42 18	43 12	44 6
50	45 0	45 54	46 48	47 42	48 36	49 30	50 24	51 18	52 12	53 6
60	54 0	54 54	55 48	56 42	57 36	58 30	59 24	60 18	61 12	62 6
70	63 0	63 54	64 48	65 42	66 36	67 30	68 24	69 18	70 12	71 6
80	72 0	72 54	73 48	74 42	75 36	76 30	77 24	78 18	79 12	80 6
90	81 0	81 54	82 48	83 42	84 36	85 30	86 24	87 18	88 12	89 6
100	90 0	90 54	91 48	92 42	93 36	94 30	95 24	96 18	97 12	98 6
110	99 0	99 54	100 48	101 42	102 36	103 30	104 24	105 18	106 12	107 6
120	108 0	108 54	109 48	110 42	111 36	112 30	113 24	114 18	115 12	116 6
130	117 0	117 54	118 48	119 42	120 36	121 30	122 24	123 18	124 12	125 6
140	126 0	126 54	127 48	128 42	129 36	130 30	131 24	132 18	133 12	134 6
150	135 0	135 54	136 48	137 42	138 36	139 30	140 24	141 18	142 12	143 6
160	144 0	144 54	145 48	146 42	147 36	148 30	149 24	150 18	151 12	152 6
170	153 0	153 54	154 48	155 42	156 36	157 30	158 24	159 18	160 12	161 6
180	162 0	162 54	163 48	164 42	165 36	166 30	167 24	168 18	169 12	170 6
190	171 0	171 54	172 48	173 42	174 36	175 30	176 24	177 18	178 12	179 6

- (0,01 g) in ′ ″

-	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	′ ″	′ ″	′ ″	′ ″	′ ″	′ ″	′ ″	′ ″	′ ″	′ ″
00	0 0	0 32	1 5	1 37	2 10	2 42	3 14	3 47	4 19	4 52
10	5 24	5 56	6 29	7 1	7 34	8 6	8 38	9 11	9 43	10 16
20	10 48	11 20	11 53	12 25	12 58	13 30	14 2	14 35	15 7	15 40
30	16 12	16 44	17 17	17 49	18 22	18 54	19 26	19 59	20 31	21 4
40	21 36	22 8	22 41	23 13	23 46	24 18	24 50	25 23	25 55	26 28
50	27 0	27 32	28 5	28 37	29 10	29 42	30 14	30 47	31 19	31 52
60	32 24	32 56	33 29	34 1	34 34	35 6	35 38	36 11	36 43	37 16
70	37 48	38 20	38 53	39 25	39 58	40 30	41 2	41 35	42 7	42 40
80	43 12	43 44	44 17	44 49	45 22	45 54	46 26	46 59	47 31	48 4
90	48 36	48 8	49 41	50 13	50 46	51 18	51 50	52 23	52 55	53 28

= (0,0001 g) in ″.

=	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″
00	0	0	1	1	1	2	2	2	3	3
10	3	4	4	4	5	5	5	6	6	6
20	6	7	7	7	8	8	8	9	9	9
30	10	10	10	11	11	11	12	12	12	13
40	13	13	14	14	14	15	15	15	16	16
50	16	17	17	17	18	18	18	18	19	19
60	19	20	20	20	21	21	21	22	22	22
70	23	23	23	24	24	24	25	25	25	26
80	26	26	27	27	27	28	28	28	29	29
90	29	29	30	30	30	31	31	31	32	32

Digitized by Google

IX. Culturtechnik.

Entwässerung von Ländereien.

Der Versumpfung von Ländereien wird entweder durch Abhaltung des zufliessenden Wassers und durch Abführung der atmosphärischen Niederschläge oder durch künstliche oder natürliche (mittelst Sinkstoffen) Erhöhung des Geländes begegnet.

Das von Aussen zufliessende Wasser wird durch Gräben oder durch Kanäle, durch Tieferlegung der Wasserläufe vermittelst Anlage von Durchstichen und dergl. oder durch Wasserhebungsmaschinen entfernt. Da, wo durch Stauung von Wasserwerksanlagen Versumpfung verursacht wird, ist der Entwässerungskanal in der Regel in den Unterkanal einzuführen.

Die Entwässerung von landwirthschaftlich benutztem Boden bezw. die Senkung des Grundwasserstandes darf nur soweit vorgenommen werden, als dies den Pflanzen zuträglich ist, s. auch unten.

Die atmosphärischen Niederschläge, welche in festen Boden eindringen, werden am zweckmässigsten durch Drains abgeführt.

Durch die Entwässerung, insbesondere durch die Drainage, werden nicht nur die zu schweren Böden von überschüssigem Wasser befreit, sondern auch in Folge des Durchstreichens der Luft durch den Boden in sehr hohem Maasse gelockert und krümlig gemacht. Die Ursache der Unfruchtbarkeit nasser Böden ist nicht allein in der durchschnittlich um 2—3° niedrigeren Temperatur und in dem Abschluss der Luft, sondern hauptsächlich darin zu suchen, dass der Boden chemische Aenderungen erleidet, indem sich saurer Humus, ferner durch Reduction die höchst schädlichen Eisenoxydulsalze bilden. Ausserdem vermehren sich bei warmer Witterung in zu nassem Boden Fäulnissbacterien in ungeheurer Menge, welche zum Faulen der Wurzeln Anlass geben.

Wo Grund- oder Druckwasser dem Gelände zufliesst, ist durch Probegruben bezw. durch Bohrungen zu erheben, in welcher Richtung und Höhenlage das Wasser zufliesst. Hiebei ist darauf Bedacht zu nehmen, dass die wasserführenden Schichten häufig wellenförmig gelagert und demgemäss die Sohlen der senkrecht zur Richtung des zufliessenden Wassers anzulegenden Entwässerungsgräben bezw. Kopfdrains entsprechend tief, nämlich mind. 15^{cm} unter die tiefste vorhandene Wellensohle zu liegen kommen. Je nach der Menge des abzuführenden Wassers müssen offene Gräben oder Drains ausgeführt werden; erstere haben übrigens den Nachtheil, dass an nutzbarer Fläche verloren geht, sowie dass die erste Anlage und die Unterhaltung eine kostspieligere ist, als bei den bei geringerem Wasserzufluss an ihre Stelle tretenden Kopfdrains.

Bei den Grunduntersuchungen ist die häufig vorkommende Thatsache nicht ausser Acht zu lassen, dass wasserführende Schichten in verschiedenen Tiefen vorkommen können, dass also der Versumpfung eines tiefer gelegenen Terrains unter Umständen nicht gesteuert wird, wenn nur das Druckwasser der oberen Schichten abgefangen wird.

In **schwimmendem Boden**, in welchem — wenigstens am Beginn der Entwässerungsarbeiten — weder offene Gräben, noch Drains angewendet werden können, werden sperrige Faschinen- (Busch-) würste von Laubholz von entsprechender Höhe und Breite eingelegt.

Da, wo schwächere **Triebsandschichten** vorkommen, ist besondere Vorsicht geboten, da der auslaufende Triebsand alsbald jede Art Sickerung verstopfen oder die Gräben ausfüllen und zu Senkungen des anstossenden Terrains Veranlassung geben würde. Hier ist die Ausschachtung je auf kurze Strecken entlang den Triebsandschichten mittelst Dielenverkleidung zu bewerkstelligen, derart, dass letztere gut verbölzt werden und ein Ausfliessen des Triebsandes verhütet wird, es müssen also die Dielen über die Sandschichten beiderseits hinausreichen. Drainröhren müssen ganz in Kies eingebettet werden. Ausserdem empfiehlt sich die Einbringung von Nadelreisig zur Auskleidung der Wände und Sohle der im Triebsand liegenden Draingräben.

Digitized by Google

Entwässerungen dürfen nicht so ausgeführt werden, dass hierdurch schädliche Ueberschwemmungen, Verkiesungen oder Grundwasserstandserhöhungen in dem unterhalb gelegenen Gelände entstehen. Der Wasserabfluss muss also unter Umständen durch mit entsprechend gewählten Auslässen versehenen Einbauten in den Hauptentwässerungsgräben derart geregelt werden, dass er sich auf einen längeren Zeitraum vertheilt. Die Gräben dürfen ferner kein zu starkes Gefäll erhalten, um Abbrüche der Böschungen und Vertiefungen der Sohle zu vermeiden. Die letztere ist erforderlichen Falls zu befestigen, was bei lockerem Boden durch Einstampfen von Kies oder Schotter sich am billigsten bewerkstelligen lässt; zu starke Gefälle sind durch niedere sogen. Bachschwellen aus mit Draht gebundenen Senkwürsten u. dergl. oder durch förmliche Bachverbauungen zu mildern. Die Böschungen der Gräben, Fluss- und Bachcorrectionen sind zu berasen und mit thunlichst flacher Neigung anzulegen.

Von noch nicht genügend gewürdigtem Einfluss ist die zeitweise Zurückhaltung des Wassers in drainirtem Boden und somit der Einfluss der Drainage auf die Verminderung von kleineren örtlichen Hochwassern, da der gelockerte Boden ausser bei starkem Frost im Stande ist, nahezu bis auf die Tiefe der Drains atmosphärische Niederschläge und zwar im Mittel ca. 5% des betreffenden Bodenvolumens aufzunehmen und aus den Drains erst in einem längeren Zeitraum abzugeben. Schon aus diesem Grunde ist die Tiefdrainage, bei welcher die Drains mindestens $1{,}4^{m}$ tief eingelegt werden, der Anlage seichterer Drains vorzuziehen, indem bei ihr die Wasseraufnahme eine erheblich grössere ist; erstere empfiehlt sich aber auch wegen des besseren Schutzes der Drainstränge gegen die Wirkungen des Frostes und gegen das Verzopfen (bei Gräsern und anderen tiefwurzelnden Culturpflanzen). Ausserdem können hierbei aufgebrachte Dungstoffe weniger leicht in die Drains gelangen. Bei tieferer Lage der Drains können letztere auch weiter auseinander gelegt werden, so dass die Tiefdrainage in der Regel auch billiger zu stehen kommt, als die Drainage mit nur $0{,}8^{m}$—$1{,}0^{m}$ tiefen Gräben.

In Mooren hat die Entwässerung durch Gräben und Kanäle zu geschehen. Hierbei hat man hauptsächlich das Quellen und das Auftreiben des Moorschlamms zu verhüten, um auch die Standfestigkeit und den Zusammenhang der Moormasse nicht zu beeinträchtigen. In sehr nassen Mooren hebt man daher zuerst einen ca. $0{,}5^{m}$ breiten und hohen Graben in der Richtung des auszuschachtenden Kanals aus und lagert das Material mindestens 1^{m} vom Rand entfernt ab. Ist sodann eine entsprechende Abtrocknung erfolgt, so vertieft man den Graben um weitere $0{,}5^{m}$ (in 6^{m} tiefen Mooren kann mit dieser Arbeit oft erst im folgenden Jahre vorgegangen werden), und legt sodann senkrecht zum Hauptgraben und in Entfernungen von ca. 10^{m} sog. Kopfgräben von ca. $0{,}6^{m}$ Breite und angenähert der Tiefe des Hauptgrabens an, welche soweit vorgetrieben werden, als es die Standfähigkeit des Moors gestattet. Nachdem das in Angriff genommene Feld sich weiter abgetrocknet hat, werden in einer Entfernung von ca. 50—60^{m} vom Hauptgraben beiderseits 1^{m} tiefe und breite Parallelgräben mit Ausmündungen nach dem Hauptgraben gezogen und sodann die sämmtlichen Gräben je nach dem Fortschritt der Abtrocknung immer weiter vertieft.

Entwässerungsgräben im Moor müssen bei 30^{cm} monatlicher Regenhöhe pro Tag ca. $0{,}5^{cm}$ oder pro Secunde und qkm ca. 0,058 cbm Wasser abzuführen im Stande sein. Unter günstigen Verhältnissen ist die Hälfte dieser Menge in Rechnung zu ziehen. Kurz andauernde Stauungen selbst bis zu $0{,}1^{m}$ unter Terrain sind den Moorculturen nicht schädlich.

In Holland rechnet man, dass pro 100 ha und 1^{m} Hubhöhe eine nutzbare Pferdestärke erforderlich sei. Bei kleineren Anlagen, insbesondere bei Ackerland, das im Frühjahr rasch trocken zu legen ist, wird eine Pferdekraft für 5 ha angenommen. Bei der Entwässerung des Terrains des Neuenbrocker Schleusenverbands wurde unter Berücksichtigung der Verdunstung und Bodeneinsaugung bei grössten Niederschlägen eine zu fördernde Wassermenge von 0,09 cbm pro qkm und Secunde in Rechnung gezogen. Bei der Entwässerung des Over-Bullenhauser Sielverbands kam die gesammte Schöpfanlage incl. Grunderwerb, Erdarbeiten in Moorboden, Dampfmaschinenanlage für 37 Pferdekräfte auf 125000 Mk. zu stehen, die jährlichen Betriebskosten auf 10000 Mk. und somit bei 1038 ha Grundfläche auf 0,6 Mk. pro ha und Jahr.

Digitized by Google

Zum Heben des Wassers werden ausser den Pumpen (meistens Centrifugalpumpen) auch Wasserschnecken und Schöpfräder verwendet. Die letzteren geben guten Nutzeffect und sind leicht zu repariren, bedingen dagegen grössere Fundirungskosten. Die Schnecken dürfen nicht über 40—50 Umdrehungen pro Minute haben. Man unterscheidet Mantelschnecken und offene Schnecken; erstere sind ihres grossen Gewichts halber nur an bestimmten Standorten zu verwenden. Die Förderhöhe beträgt in der Regel höchstens 3,0^{m}. Die Schnecken sind selbst bei starken Verunreinigungen des Wassers noch leistungsfähig, bei veränderlichen Wasserständen ergeben sich Effektverluste, ebenso bei zu raschen Umdrehungen der Welle. Bezeichnet s die Schaufellänge und w die Wellenstärke in cm, L die Leistung in cbm pro Minute bei 40 Umdrehungen und 1^{m} Hubhöhe, p die Zahl der eff. Pferdestärken, so ist:

a) Bei einer Mantelschnecke:

s	w	L	p
13	24—26	2,8	4
16	26—28	3,9	6
17	34—36	5,0	8

Bemerkung. Genaue Ermittlungen haben bei einer Schnecke von 1,6^{m} Durchmesser, 6^{m} Länge, welche bei 26 Pferdekräften 40—43 Umdrehungen machte und 1,75^{m} Förderhöhe hatte, einen minutlichen Ausfluss von 13,8 cbm ergeben.

Preis einer hölzernen Mantelschnecke ohne Motor ca. 260—450 Mark bei 3^{m} Hubhöhe.

b) Bei offenen Schnecken:

s =	13	16	18	21	24	26	29	32
w =	22—26	30	30—31			31—39		
L =	4,0	7,0	10,0	13,0	16,0	19,0	22,0	25,0
p =	4	6	8	10	12	14	16	18

Zur Bestimmung der Weite von Entwässerungs-Schleusen wird die nachst. von Storm-Buysing aufgestellte Formel angewendet:

$$M = \frac{\mu \cdot b \cdot \left(H - \frac{h}{3}\right) J}{\sqrt{g^2 - \mu^2 b^2 \left(H - \frac{h}{3}\right)^2}} \sqrt{2g \cdot h}.$$

Hier bez. M die gesuchte mittlere Wassermenge, welche die Schleuse pro Secunde während der ganzen Dauer der Oeffnung abführt, b die lichte Schleusenweite, H die Höhe des Binnenwasserspiegels über der Schlagschwelle, h die halbe Differenz zwischen dem Stand des Binnen- und des Aussenwassers, wenn letzteres auf niedrige Ebbe abgelaufen ist, J den Inhalt des Binnenkanalprofils unmittelbar hinter der Schleuse, g = 9,81 und μ den Kontractionscoëfficienten der für die Verhältnisse an der Elbe etwa zu 0,6, an der Zuydersee, wo Storm-Buysing operirten, zu 0,9 anzunehmen ist, da hier der Ebbefall weniger gross als an der Elbe ist.

Drainage.

Von Reg.- u. Baurath Gerhardt in Königsberg i. P.

Die Drainage ist anwendbar auf allen Böden mit stauender Nässe, sofern die erforderliche Vorflut vorhanden ist oder beschafft werden kann.

Die Vorflutgräben sind so zu reguliren, dass geringe Hochwasser oder hohe Mittelwasser möglichst 10^{cm} unter Ausmündungshöhe abfliessen können. Danach Berechnung der Querschnitte unter Annahme von ungefähr 30 l Wasserführung pro Sek. und qkm bei grossen, 65 bei mittleren und 120 l bei kleinen Vorflutern. Die Richtigkeit der Vorflutregulirung nach Höhenlage der Ausmündung und Wasserspiegellinie ist durch Längenprofil nachzuweisen. Sie darf auf die erforderliche Strecke unterhalb der Ausmündung beschränkt werden. Fünf Meter oberhalb derselben kann der Graben mit steileren Abstürzen unter Befestigung von Sohle und Böschung in die alte Grabentiefe übergehen.

Digitized by Google

Die Ausmündungen werden am besten aus gusseisernen Röhren von 1 bis 1,25 m Länge, 7 bis 8 mm Wandstärke hergestellt mit Muffen zum Anschluss der Drains. Lagerung fest auf grossen Steinen und Sicherung der benachbarten Grabenböschungen durch Steine oder Rasen. Cementröhren müssen mindestens 5 cm Wandstärke, Thonröhren zum Schutz gegen Zerschlagen einen steinernen Vorbau erhalten. Hölzerne Ausmündungskasten werden aus Eichen- oder Kiefernholz 1 bis 1,5 m ausnahmsweise bis 5 m lang hergestellt und vor dem Zusammensetzen 2 Mal mit heissem Carbolineum getränkt. Die Ausmündung darf weder dem Verlanden noch dem Wasseraugriff ausgesetzt sein, also keinem Seitengraben oder einer zweiten Ausmündung gegenüber liegen. Klappen zum Abschluss von Thieren müssen leicht beweglich sein, ihr Schlagrand muss gegen Sandablagerung und Graswuchs, die Klappe selbst gegen Verziehen geschützt werden, daher bei Klappen stets ein Vorbau nöthig mit stark geneigter Sohle. Gitter dürfen nicht mehr als 4 mm Maschenweite haben und den nutzbaren Wasserquerschnitt nicht beschränken. Feste Gitter innerhalb des Rohres sind unzulässig; besser Drehgitter mit horizontaler oberer Achse; noch besser Sohlen- oder Seitengitter dicht an der Mündung, mit Abschlussthür vor dem Hauptrohr und kurzen offenen Seitenrohren neben dem Gitter. Die beste Sicherung erfolgt ohne Klappen oder Gitter durch möglichst hohe Lage der Ausmündung über dem Wasserspiegel des Vorfluters, durch ein 20 cm weites Hervortreten derselben vor der Böschung und durch Abschrägung des Mündungsendes in einer der Böschungsneigung entgegengesetzten Richtung.

Ein Drainsystem besteht aus Saugedrains (Drains mit kleinem Durchmesser, Sauger) und Sammeldrains (Drains mit grösserem Durchmesser, Sammler). Die Drainsysteme sind möglichst gross zu nehmen, um die Zahl der Ausmündungen thunlichst zu verringern; die Grenze ist da, wo zu lange und weite Drains die Anlage vertheuern würden.

Die Sammeldrains sind in der Regel ins stärkste Gefälle zu legen und nach Gefälle und Entwässerungsfläche zu berechnen unter Annahme von 65 l auf ha und Sek. Auf beigefügter Tafel ist der über dem Kreuzpunkt der ha = und Gefällinie nächst höhere Durchmesser zu wählen. Die Geschwindigkeit des Wassers, die in der Tafel an der Kreuzung der Gefällinie mit der gewählten Durchmesserlinie gefunden wird, soll womöglich nicht unter 0,20 m, keinesfalls unter 0,16 m sein. Hiernach Bestimmung der Minimalgefälle mit tabellarischem Nachweis nach folgendem Schema:

Sammler	Strecke	Fläche in ha		Gefälle	Durchmesser	Wasser-Geschwindigkeit ungefähr
		einzeln	gesamt	%	cm	

Die Saugedrains werden 1,25 m tief und entweder in der Richtung des stärksten Gefälles (Längsdrainage) oder besser quer gegen diese Richtung mit Neigung 1:270 (Querdrainage) verlegt. In diesem Falle ist grössere Strangentfernung zulässig, weil die natürliche Drainage durch die Wasseradern des Bodens besser ausgenützt wird, ferner können die Sammler geringeren Durchmesser erhalten, weil sie im stärksten Gefälle liegen, und endlich sind Verstopfungen weniger zu befürchten, weil die Wassergeschwindigkeit stetig zunimmt (vgl. Gerhardt »Umgestaltung der Drainagebauten.« Berlin 1891. Ernst & Sohn).

Entfernung der Sauger bei Längsdrainage			bei Querdrainage
Thonboden, streng über 75 %	=	10 m	10—15 m Strangenentfernung zunehmend mit der natürlich. Drainage und der Neigung des Geländes bis höchstens 0,5 m Höhenabstand.
„ gewöhnl. mit 75—50 %	=	10—12 m	
Lehmbod., schwer „ 50—40 %	=	12—14 m	12—18 m
„ gewöhnl. „ 40—30 %	=	14—16 m	14—21 m
„ sandig „ 30—20 %	=	16—20 m	17—25 m
Sandbod., lehmig „ 20—10 %	=	20—24 m	21—30 m
„ mild „ bis 10 %	=	24—30 m	25—35 m

(abschlämmbare Theile)

Die Weite der Sauger ist zum Schutze gegen Verstopfungen durch Algen nicht unter 4 cm zu nehmen, bei eisenschüssigem Moor nicht unter

Digitized by Google

6^{cm}. Zulässige Länge bei 20^{m} Strangentfernung 160^{m}, bei 25^{m} = 130^{m} bei 30^{m} = 105^{m}, bei 35^{m} = 90^{m}.

Vorflutdrains sind Verlängerungen der Sammler. Sie sind unmittelbar vor der Ausmündung besonders dann zweckmässig, wenn das Gelände stark fällt, der Vorflutdrain mit dem Minimalgefälle verlegt zu solcher Erhöhung der Ausmündung führt, dass Ersparnisse an Breite, Tiefe und Regulirungskosten des Vorfluters eintreten. Die frostfreie Tiefe muss eingehalten werden.

Doppeldrains, d. h. 2 oder 3 Drains in Einem Graben, sind unstatthaft, da in der Regel nur ein Drain dauernd wirksam bleibt; die anderen verschlammen. Sie sind in gleichlaufende Drains mit Saugerentfernung aufzulösen.

Brunnenstuben an den Knotenpunkten mehrerer Sammler, erreichen ihren Zweck, die Verstopfung eines oder des anderen Stranges anzuzeigen, selten; sie sammeln aber stets den Schlamm und führen bei schlechter Wartung zu Verstopfungen. Ihrer Anwendung ist zu widerrathen.

Ausführung der Drainage. Regulirung der Vorfluter, Ausheben der Draingräben von unten nach oben, Werfen der Ackererde auf die eine, des Untergrundes auf die andere Seite. Steine sind auszuheben oder zu umgehen, niemals zu unterfahren. Vertheilen der Röhren. Verlegen derselben mit dem Legehaken, bei grösseren Tiefen mit der Hand. Verfüllen der Gräben sofort nach dem Verlegen, mindestens in 30^{cm} Höhe mit Boden aus dem Untergrunde (von den Grabenwänden), niemals mit Gras, Streu und dergl.

Bäume und Sträucher müssen von Sammeldrains stets 20 bis 25^{m} entfernt bleiben. Sauger dürfen sich ihnen nur mit dem oberen Ende nähern, event. sind die Bäume in 6—8^{m} Entfernung zu umgehen, die Drains mit Aetzkalk zu bedecken oder besser die Fugen mit Muffenröhren und Cementdichtung zu schliessen.

Drains in Moor sind 10—15^{cm} tiefer auszuheben, und die Gräben in dieser Höhe zur Herstellung eines festen Rohrlagers mit gesiebtem Kies oder Sand zu verfüllen.

Quellen sind entweder durch dichtere Lage der Sauger oder bei starkem Zufluss durch strahlenförmige Drains abzufangen und durch besondere Sammler ausser Zusammenhang mit dem übrigen Drainsystem bis zur Ausmündung gesondert abzuleiten. Bei eisen- oder kalkhaltigen Quellen sind die Draingräben breiter und tiefer auszuheben und die Röhren in Steinen zu verpacken.

Gräben im Drainagefeld dürfen nie Längsdrains unter ihrer Sohle erhalten, weil das Grabenwasser stetig Schlamm und Sand in die Drains spült und die Wurzeln der Grabenpflanzen bald die Röhren erreichen. Auch das Kreuzen von Drains mit Gräben ist aus gleichen Gründen zu vermeiden, selbst bei trockenen Gräben sind Verstopfungen durch die nahen Pflanzenwurzeln zu befürchten. Die Sauger sind oberhalb eines Quergrabens durch einen Sammler abzufangen, und letzterer durch cementirte Muffenröhren unter den Graben zu führen.

Feldwege dürfen gleichfalls durch die parallelen Sauger nicht gekreuzt werden, weil die Radspur den lockeren Boden der Draingräben stets an derselben Stelle trifft und zu Versackungen des Drainstranges Veranlassung gibt. Auch hier sind die Sauger oberhalb des Weges durch einen Sammler abzufangen, der Sammler ist mit Muffenröhren durch den Weg zu führen, jedoch kann die Cementirung unterbleiben.

Beschaffenheit der Drainröhren: Gutes Material ohne Steine oder Mergelstücke, gleichmässig und gut durchgearbeitet; ferner gut geformt, gerade, kreisrund, innen glatt gerollt ohne Längsstreifen, vor Allem senkrecht und genau eben ohne vorstehenden inneren Rand (Brahmkante, Aufstauchkante) abgeschnitten; endlich scharf gebrannt, heller Klang, welcher selbst durch längeres Liegen im Wasser nicht verloren geht. Schlecht gebrannte, mürbe Röhren sind unbedingt zu verwerfen.

Zum Drainage-Entwurf gehören: Drainplan; Längenprofile der Vorfluter mit Bauprofilen derselben; Bodenuntersuchungen (mindestens eine auf 10 ha) in graphischer Darstellung; Erläuterungsbericht mit Berechnungen der Vorfluter und der Drainrohrweiten; Kostenanschlag nebst Massenberechnungen aller Erdarbeiten und des Röhrenbedarfes. Der Drainplan in 1:2500 muss alle Grenzen, Gräben, Wege, Durchlässe, Bäume, Hecken und die Schichtenlinien in 0,25 u. U. 0,10 od. 0,50^{m} Entf.

Digitized by Google

enthalten. Die Drains sind mit blauen Linien einzuzeichnen, Sauger schwach, Sammler stark ausgezogen. Bezeichnung der Vorfluter mit grossen Buchstaben, der Systeme mit laufenden Nummern, der Ausmündungen mit Aus und der Systemnummer, der Sammler und Sauger mit kleinen Buchstaben bezw. arabischen Zahlen, in jedem System von der höchsten Stelle mit a bezw. 1 anfangend. Die Entfernung der Sauger, sowie die Rohrweiten der Sammler sind einzutragen, die Wechselstellen der letzteren durch kleine Kreuze anzugeben. Die Sohlhöhen der Ausmündungen und Sammeldrains sind durch Ordinaten besonders an den Gefällwechseln zu bezeichnen, auch die Gefällverhältnisse einzutragen.

Kosten der Drainage. Ausheben der Draingräben bei 1,25^{m} Tiefe 15—20 Pf., bei 1,50^{m} = 17 - 24 Pf., bei 2,00^{m} = 20—30 Pf. je nach dem Tagelohn der Arbeiter und der Schwere des Bodens. Verlegen der Röhren durchschnittlich 1—2 Pf. f. d. Meter, Leistung eines Arbeiters stündlich rund 25^{m}. Verfüllen der Draingräben ungefähr $^{1}/_{6}$ bis $^{1}/_{10}$ der Aushubkosten.

Rohrweite im Lichten		3	4	5	6,5	8	10	13	16 cm
Wanddicke		10	12	13	15	16	18	21	24 mm
Gewicht von 1000 Röhren dschn.		600	950	1250	1750	2350	3200	4800	7000 kg
Kosten « « «	von	17,50	20	24	30	40	55	80	120 M.
	bis	21	26	32	42	54	72	108	160 M.
Gusseiserne Ausmündung, 1,25^{m} lang		—	—	2,50	3,50	4,50	6,50	8,50	10,50 M.
Röhren-Bedarf ungefähr . . .		70%	×	21,5%	×	6%	×		2,5%

Die Rohrlänge ist meistens 0,314^{m}, a. d. Meter Drainstrang sind sammt Bruch 3,5 Stück vorzusehen.

Gesammtkosten der Acker-Drainage 160 bis 300 M. f. d. ha.

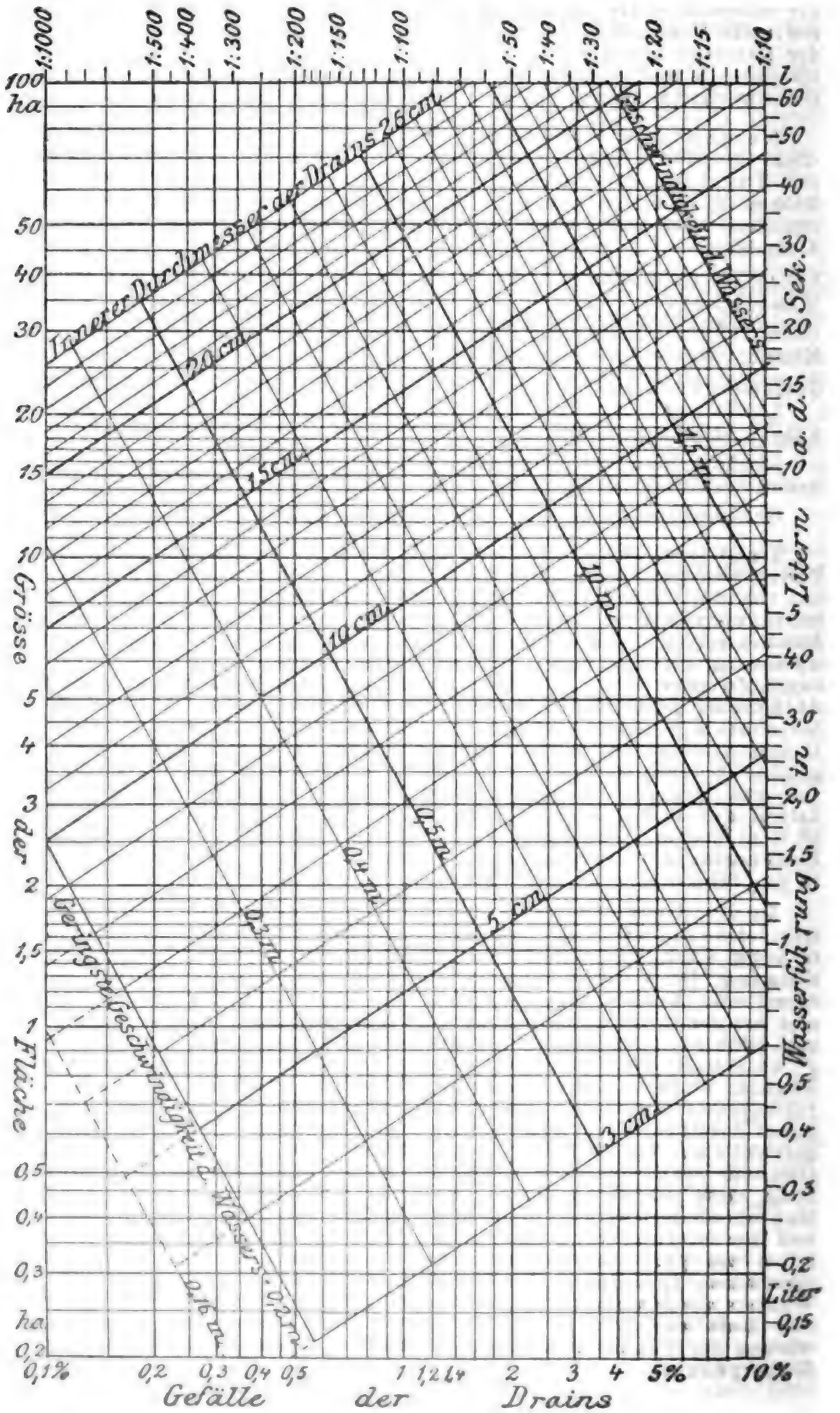
Drainirte Wiesen nach Petersen sind da anzulegen, wo nasser Boden von geringer Durchlässigkeit vorhanden ist, und genügend Vorflut für die Drainage beschafft werden kann. Die Wiese wird in Abtheilungen von 1 bis 4 ha Grösse durch 0,1 bis 0,15^{m} hohe und 0,5^{m} breite Dämme zerlegt. Die Abtheilungen werden in 6 bis 7 Gruppen zur Bewässerung im Umlauf (Rotation) zusammengefasst. Das Wasser wird durch Zuleiter nach einer Rieselrinne längs der oberen Begrenzung jeder Abtheilung geführt und schlägt hier über den Bord. Unterhalb sorgen horizontale Rieselrinnen, welche in 8 bis 15^{m} Entfernung bis 1^{m} an den Damm reichen, für gleichmässige Vertheilung. — Die Entwässerung geschieht durch 0,9 bis 1,2^{m} tief nach der Querdrainage im Gefälle 1 : 270 verlegte Drains. Jede Abtheilung bildet ein System. Die Sauger erhalten auf 100^{m} Länge 4^{cm}, demnächst 5^{cm} Weite und nähern sich bis 4^{m} dem Damm. Ihre Entfernung beträgt 8 bis 20^{m}, selten mehr als 12^{m}. Berechnung der Sammler nach Wasserführung 1,5 Liter auf ha und Sek. zu empfehlen.

In dem Hauptsammler jeder Abtheilung werden Ventile aufgestellt. Das letzte am Ende der Abtheilung, die übrigen aufwärts in 0,5^{m} Entfernung oder bei starker Neigung des Geländes in 0,5^{m} lothrechter Steigung. Bei Vorflutdrains zur Spülung ein besonderes Ventil am Ende derselben. Aufstellung der Ventile an den Kreuzungen der Sammler und Sauger ist nicht nöthig; ihre Verbindung mit der Rieselrinne mehr schädlich als nützlich. Die Fugen der Sammler sind 1^{m} oberhalb und 4^{m} unterhalb der Ventile mit Muffen in Cement zu dichten. Bauart der Ventile: einfach, leicht zu bedienen, aus widerstandsfähigem Material, vollkommen dichter Schluss, wenn möglich ohne Gefällverlust, Sicherung gegen Zerstörung von aussen. Der Verschluss geschieht am besten durch geschliffenen Thonstöpsel im gedrückten Ventil nach v. Raumer, mit eisernem Ventilrohr nach Dr. Schacht. — Bewässerung im Umlauf derartig, dass jede Gruppe 1 Tag lang voll bewässert, demnächst 6 Tage lang entwässert wird. Vortheile dieser Wiesenbauten: Die Entwässerung und Bewässerung kann nach Belieben geregelt und besonders gründlich selbst mit geringen Wassermengen vollzogen werden; 9 bis 15, durchschnittlich 12 Liter auf ha und Sek. genügen; alle Dungstoffe des Wassers werden gewonnen; die oft wiederholte wechselseitige Einwirkung von Luft und Wasser im Boden befördert ausserordentlich die Verwesung der Pflanzennährstoffe im Boden und damit das Wachsthum der Kulturpflanzen.

Digitized by Google

Bestimmung der Drainrohrweiten,

sowie der Geschwindigkeit des Wassers in den Drains nach dem Gefälle und der abzuführenden Wassermenge, bezw. d. zu entwässernden Fläche bei 0,65 l Wasser auf ha u. Sek.



Digitized by Google

ist nur dann am Platze, wenn alles in den Boden eindringende Wasser demselben auch wieder entzogen werden kann. Die fliessenden Gewässer enthalten in geringeren und grösseren Mengen die zum Wachsthum der Pflanzen nothwendigen Stoffe, hauptsächlich Kali, Kalk, Phosphorsäure, Stickstoff etc., welche durch die Bewässerung nutzbar gemacht werden können. Besonders reich an düngenden Bestandtheilen sind die Schlamm führenden Hochwasser.

Die Bewässerung der Ländereien im Sommer dient als Ersatz für die bei mangelnden Niederschlägen durch die Vegetation und Verdunstung entzogene Feuchtigkeit, während durch die Frühjahrs- und Herbstbewässerung eine directe Düngung, sowie die Auflösung der im Boden enthaltenen Nährstoffe bezweckt wird. Weiter kommt in Betracht die bodenreinigende und entsäuernde Wirkung des Bewässerungswassers.

Unbrauchbar zur Bewässerung ist nur das aus sauren Mooren abfliessende, sowie das durch giftige Fabrikabgänge verunreinigte Wasser.

Die Bewässerung lässt sich in verschiedener Weise ausführen:

Die wilde Ueberrieselung wird angewendet auf grösseren Flächen mit gleichmässigem Gefäll von mindestens 0,75%. Die Bewässerungsgräben werden auf die höchsten, die Entwässerungsgräben in die tiefsten Terrainpunkte gelegt. Der Wasserbedarf ist ziemlich gross und der Erfolg gering. Derartige Anlagen werden deshalb meist als Vorläufer einer späteren intensiveren Cultur aus Sparsamkeitsgründen angelegt.

Die Ueberstauung findet bei ebenem, durchlässigem Terrain Anwendung. Das Wasser wird hierbei zwischen Erddämme eingestaut, und abgelassen, wenn es seine Sinkstoffe abgesetzt hat.

Durch die Dämme wird die Fläche in Reviere bis zu 60 ha Grösse eingetheilt. Die Zuführung des Wassers geschieht durch Siele oder Schleusen. Die Wassertiefe am unteren Damm kann bis zu 0,6 m betragen. Bei stärkerem Gefäll werden je nach Bedarf Mitteldämme in den Revieren angelegt. Die Vertheilung des Wassers geschieht durch eine unterhalb des oberen Dammes angelegte Mulde. Zum Zweck der Entwässerung wird oberhalb des unteren Dammes ein Graben hergestellt, in welchen die Entwässerungsgräben des Reviers einmünden.

Die Dämme erhalten eine Höhe von 30—40 cm über dem Stauwasserspiegel, 1,0 m Kronenbreite und 3—4fache Böschung gegen die Wasserseite. Zweckmässig ist, die Einrichtung so zu treffen, dass jedem Revier frisches Wasser zugeführt werden kann.

Der Wasserverbrauch und die Kosten dieser Anlagen sind gering. Diese Art von Bewässerung hat jedoch den Nachtheil, dass die Zuführung von Sauerstoff und Kohlensäure zu den Pflanzen, welche beim fliessenden Wasser stattfindet, verhindert ist, es wird deshalb statt derselben gewöhnlich

die Stauberieselung angewendet, welche darin besteht, dass die Ein- und Auslassschleusen derart regulirt werden, dass der Zufluss dem Abfluss gleichkommt, also eine immerwährende Bewegung des Wassers stattfindet. Die Höhe des Wasserstands auf der überrieselten Fläche beträgt 0,2—0,5 m. Die innere Einrichtung ist dieselbe, wie bei der zuvor besprochenen Methode.

Die künstlichen Bewässerungseinrichtungen als Hang- und Rückenbau empfehlen sich als sehr intensive Culturen in der Regel nur da, wo gute Bodenverhältnisse und hinreichende Mengen dungreichen Wassers vorhanden, sowie genügende Garantieen für richtige Ausübung der Bewässerung und gute Unterhaltung der Anlagen geboten sind. Die Kosten dieser Anlagen sind verhältnissmässig hohe.

Die Hangbauten sind in hügeligem, die Rückenbauten in ebenem Terrain anwendbar.

Die ersteren erfordern mindestens ca. 2—2,5% Terraingefäll. Die Länge der einzelnen Hangtafeln vom Zubringer aus ist 20 m. Die Bewässerungsgrippen erhalten 0,2—0,3 m obere Breite und 0,2—0,25 m Tiefe. Die untere Kante, über welche das Wasser übertritt, ist horizontal anzulegen.

Die Entfernung zweier paralleler Wässergrippen beträgt je nach der Durchlässigkeit des Bodens 8—12 m.

Das Terrain zwischen zwei Wässergrippen ist mit gleichmässigem Gefäll zu planiren. Die Zubringer werden in das stärkste Gefäll gelegt und erhalten eine obere Breite von 20—30 cm und 15—20 cm Tiefe.

Das Seitengefäll der Rückentafeln soll 2—4% betragen. Die Länge der einzelnen Rücken ist 20—50 m, die Breite 8—20 m. Bei grosser Breite

Digitized by Google

ist noch eine Regulirungsrinne in der Mitte jeder Seitenfläche anzubringen, welche unmittelbar vom Zubringer aus zu speisen ist.

Das Nähere über derartige Kunstwiesenbauten findet sich in Vincent, Der rationelle Wiesenbau.

In neuester Zeit werden derartige Anlagen für grössere Complexe kaum mehr ausgeführt, die Gräben werden vielmehr nach dem Terrain tracirt und wird aus denselben direct gewässert, wobei die kleinen Rieselrinnen ganz fehlen. Die Gräben erhalten daher abtheilungsweise horizontale Kanten. Das abgerieselte Wasser wird in Abzugsgräben gesammelt und abgeführt.

Derartige Anlagen kommen billig und sind leicht zu unterhalten, da das Grabensystem auf das Nothwendigste beschränkt wird.

Die beste Rieselzeit ist das Früh- und Spätjahr. Der Turnus in der Bewässerungszeit soll bei schwerem Boden alle 15 Tage, bei sehr leichtem alle 5 Tage wechseln, im Mittel alle 8—10 Tage.

Zuleitungs-, Vertheilungs- und Entwässerungsgräben erhalten mindestens 0,3^{m} Tiefe und 0,3^{m} Sohlenbreite.

Wässerungsgräben werden bis zu 15^{m} Länge horizontal, darüber mit ca. $^{1}/_{300}$ Gefäll und vom nächsten Zubringer nicht über 200^{m} lang angelegt, ihre Minimaltiefe beträgt 0,4, an den Enden 0,3^{m}. Im Uebrigen müssen die Grabendimensionen den fortzuschaffenden Wassermengen entsprechen.

Bei Projectirung von Bewässerungsanlagen sind zunächst der Wasserbedarf und die Wasserverluste in Betracht zu ziehen. Dieselben sind je nach Klima, Bodenart, Jahreszeit, Witterung und Art der Benützung verschieden.

Bei einem Zufluss von 10 l pro Sec. und ha ist in Mitteldeutschland, noch mehr aber in Süddeutschland eine Wiesenwässerung noch lohnend.

Bei Projectirung der Syke-Bruchhausener Meliorationsanlage, welche nach dem System der Stauberieselung ausgeführt wird, wurde zur düngenden Bewässerung eine Wassermenge von 15 l pro ha und Sec. bei fünffacher Benützung angenommen. Zur Anfeuchtung wurde eine Wasserschicht von 0,08^{m} Höhe oder 800 cbm pro ha für genügend erachtet.

Zur Erzielung fortdauernd guter Ernten an Heu sind in einem Klima, in welchem der Obstbau, nicht aber der Weinbau mehr gedeiht, bei mittelguten, lehmigsandigen Bodenarten mind. 50 l gewöhnliches Fluss- oder Bachwasser erforderlich, bei mageren Böden und bei an Nährstoffen armem Wasser steigt der Bedarf bis auf 100 l pro ha und Secunde. Mit dem Abwasser lassen sich jedoch noch zwei weitere gleich grosse Flächen berieseln. Je wärmer das Klima ist, desto mehr kann mit dem Wasser gespart werden. In Weinbau treibenden Gegenden genügt schon ein Quantum von 30 l guten Wassers pro ha und Secunde bei lehmig sandigem Boden und nachfolgender 2maliger Wiederverwendung des Wassers.

Je dungreicher das Wasser ist, desto geringer ist die zum Wässern erforderliche Wassermenge.

Nach Heuschmid ist in trockenen Zeiten zur Befeuchtung der Wiesen pro Sommer nöthig:

bei strengem Lehmboden eine zweimalige Anfeuchtung mit zus. 0,28^{m} Rieselhöhe;

bei mildem Lehmboden eine dreimalige Anfeuchtung mit zus. 0,50^{m} Rieselhöhe;

bei sandigem Lehm und lehmigem Sand eine 4—5malige Anfeuchtung mit 0,75—1,05^{m} Rieselhöhe.

Für reine Sandböden ist ein Wasserquantum von mindestens 3 l per ha und Sec. zu rechnen, welches alle 8 Tage zu geben ist.

Im Allgemeinen sind bei rationeller Anlage, d. h. bei guter Entwässerung, die Nachtheile für die Triebwerke nicht so bedeutend, wie häufig angenommen wird. Der Werthanschlag des Wasserverlustes bei Bewässerungsanlagen berechnet sich nach der Zahl der Stunden, in welchen der Betrieb eingestellt, bezw. eingeschränkt werden muss.

Neben den Verlusten auf den Wiesen durch Verdunstung und Durchsickerungen entstehen noch solche in längeren Zuleitungskanälen, besonders bei sandigem Boden und hoher Lage des Wasserspiegels über dem Grundwasser, diese Verluste können oft bis 50% der zugeleiteten Wassermenge betragen. S. auch unten die Notizen über den Wasserbedarf von Schifffahrtskanälen.

Bei den Bewässerungsanlagen der Campine in Belgien betrug der Wasserverlust bei niedrigem Grundwasserstand 16—20% der zufliessenden

Digitized by Google

Wassermenge. Ueber die Wasserverluste durch Einsickerung und Verdunstung führt Baurath Hess ein Beispiel an, wonach bei einer Wild- und Stauwässerung auf durchlassendem Sandboden, bei welchem der Grundwasserstand 0,3—0,4^{m} unter der Oberfläche sich befand, $2^{1}/_{2}$—5 Tage erforderlich waren, um im Abfluss einen Beharrungszustand herbeizuführen. Hierbei gingen anfänglich 35—55%, später nach Eintritt des geregelten Wasserabflusses 23,5—39% der zugeflossenen Wassermenge verloren. Diese Zahlen ändern sich natürlich sehr mit den Boden- und Witterungsverhältnissen, mit der Höhen- und Breitenlage des Ortes, mit den Grundwasserständen und mit der Menge des zugeleiteten Wassers. Aus den Versuchen ging ferner hervor, dass bei einem mittleren Wasserzufluss von 15 l pro ha in der norddeutschen Ebene und unter ähnlichen Verhältnissen bei trockener Witterung ein Wasserverlust von 25% entstehen und letzterer bei vermindertem Zufluss von 8 l pro ha bis auf 35% steigen kann.

An einem anderen Orte fand Hess, dass der Wasserverlust bei der Frühjahrs- und Herbstwässerung bei 12 l pro ha Sandboden Zufluss oder 12% der zufliessenden Wassermenge betragen hat, bei der Sommerwässerung dagegen bei 10,5—47 l Zufluss 22—12%. Diese Resultate sind als Maxima anzusehen, falls das Wasser nicht nach einem anderen Recipienten abfliesst oder der Grundwasserstand ein sehr niedriger ist. Bei grösseren nebeneinander liegenden Complexen und bei längerer Dauer der Bewässerung vermindern sich dagegen die Wasserverluste.

Nach Heuschmid kann man im Allgemeinen annehmen, dass bei sehr trockener Zeit

bei schwerem Lehmboden etwa	$^{1}/_{4}$
bei mildem Lehmboden etwa	$^{1}/_{3}$
bei sandigem Lehm und lehmigem Sand etwa . .	$^{1}/_{3}$—$^{1}/_{2}$

bei leichtem Sandboden mehr als die Hälfte der gegebenen Rieselhöhe theils von den Pflanzen aufgenommen wird, theils verdunstet oder vom Boden kapillar festgehalten wird und daher nicht mehr in den Wasserlauf zurückkehrt. Das übrige Wasserquantum fliesst theils direct durch die Entwässerungsgräben in den Wasserlauf zurück, theils versickert dasselbe, dient zur Erhöhung des Grundwasserspiegels und gelangt gleichfalls nach und nach wieder zum Abfluss.

Die Besamung der neu angelegten Wiesen darf nur mit allerbestem Samen ausgeführt werden. Von der Verwendung der sog. Heublumen zur Ansaat ist entschieden abzurathen.

Im Mittel kostet die Herstellung eines ha Wiese beim natürlichen Hang- bezw. Rückenwiesenbau 150—270 Mark, beim Kunstwiesenbau 750—1000 Mark. Die Kosten einer Stauwässerungsanlage belaufen sich auf 60—150 Mk. pro ha. Bei der grossen Mannigfaltigkeit der hierbei in Frage kommenden Verhältnisse lassen sich allgemein giltige Sätze hierfür nicht aufstellen.

Mit einem von 2 Mann bedienten, sogenannten Wiesenpflug kann man mit einem Gespann von 2 Ochsen bei 9—10stündiger Arbeit ca. 30 Ar Rasen schälen. Bei einem Lohn von 15 Mark für Gespann sammt den beiden Arbeitern kommt somit der qm auf 0,5 Pf., ebenso hoch das Beiseitesetzen zu stehen.

Beim Rasenschälen mittelst des Rasenbeils, wobei incl. dem Aufsetzen im Ganzen 3 Arbeiter beschäftigt sind, erhöht sich der obige Preis um das Doppelte. Die Kosten eines Rasenpflugs belaufen sich auf ca. 45 Mk.

Das Abheben von Rasen und das Planiren des gewonnenen Bodens in Mulden kommt bei einem verglichenen Abhub von 25^{cm} und einer mittleren Transportweite von 30^{m} auf ca. 3 t das Wiederansetzen der Rasen auf 0,5 t pro Ar zu stehen.

Die Kosten der Unterhaltung von Stauwiesen und wild bewässerten Wiesen belaufen sich auf ca. 6—10 Mk. pro ha, bei künstlich bewässerten Wiesen dagegen auf 15—40 Mk. pro ha, wovon bei einem Taglohn von 2 Mk. ca. 12 Mk. pro ha auf die eigentliche Wiesenwartung bezw. auf die Belohnung des Wiesenwarts für die laufenden Arbeiten entfallen; über 30 ha Wässerwiesen dürfen keinem Wiesenwart zugewiesen werden, wenn derselbe während der Hauptwässerzeit ohne Hilfsarbeiter seinen Verpflichtungen soll pünktlich nachkommen können.

Digitized by Google

Moorcultur.

Von Reg.- u. Baurath Gerhardt in Königsberg i. Pr.

Grünlandsmoore entstehen durch Verwesen von Algen, Riedgräsern, Schilf, Binsen und dergl. in stehendem Wasser; Hochmoore durch Emporwachsen und Verwesen von Moos, Wollgras, Heidekraut auf undurchlässigem, unfruchtbaren, kalkarmen Boden. Die Grenze ist oft nicht genau bestimmbar = Uebergangsmoore.

1) Veencultur = Cultur der Holländischen Hochmoore. Gutes, durchgehendes Canalnetz; dadurch wird der Verkehr erleichtert, der Wasserstand regulirt. Die obere Moorschicht, Bunkerde, wird abgestochen, der Torf gewonnen und verschifft, nächstdem der Boden planirt, die Bunkerde und demnächst Sand aus den Gräben 0,10^{m} hoch aufgebracht, tüchtig unter Beigabe von vielem Dung, Seeschlick, Asche, Kehricht, Compost mit dem Moor durchmischt. Gesammtkosten ungefähr 8—900 Mk. f. d. ha.

2) Die Brenncultur, auf deutschen Hochmooren angewandt, ist als raubbauartige Wirthschaft nicht zu empfehlen.

3) Deckcultur nach Rimpau. Nur auf Grünlandsmooren anwendbar. Entwässerung durch Gräben von 1^{m} Tiefe bei flachgründigem, 1,5^{m} bei tiefgründigem und 2^{m} bei sehr mächtigem Moor in 20 bis 40^{m} Entfernung, nämlich 40^{m} bei sehr flachem gut verwesten Moor auf sehr durchlässigem kalkreichen Sande, 30—35^{m} bei flachem gut verwesten Moor von 0,8—1^{m} Mächtigkeit auf durchlässigem Sande, 25—30^{m} bei gleichem Moor auf schwer durchlässigem Boden, 25^{m} bei mittelständigem oben verwesten Moor und 20^{m} bei mächtigem schlecht verwesten Moor; grössere Entfernung ist zulässig bei Anwendung von Längsdrains inmitten der Beete mit Seitendrains nach den Gräben. Vorgewende zur Verbindung der Dämme 7—10^{m} breit mit 10—25^{cm} weiten Drainröhren. Auf Setzen des Moores ist bei der Entwässerung zu rücksichtigen. Solange zuverlässige Messungen fehlen, ist anzunehmen, dass Grünlandmoor, welches 1^{m} tief entwässert und 10^{cm} hoch gedeckt wird, sich nach 60—80 Jahren setzt:

bei einer Mächtigkeit von	1^{m}	2^{m}	3^{m}	4^{m}	5^{m}	6^{m}	7^{m}	8^{m}
dichtes Moor	0,15	0,24	—	—	—	—	—	—
ziemlich dicht	0,20	0,32	0,42	0,51	—	—	—	—
ziemlich locker . . .	0,26	0,42	0,56	0,68	0,78	0,87	—	—
locker	0,35	0,59	0,75	0,92	1,07	1,20	1,30	—
fast schwimmend . .	—	0,80	1,04	1,26	1,96	1,65	1,83	2,00
schwimmend	—	—	1,65	2,10	2,50	2,85	3,15	3,40

Sorgfältiges Einebnen mit dem Abraum der Gräben. Sanddecke, 10—12^{cm} hoch ohne Setzmaass, hat den Zweck, das Moor zu belasten, zu dichten, die Einflüsse der Temperatur abzuhalten, Austrocknen, Auffrieren des Moores und Auswintern der Pflanzen zu vermeiden, letzteren einen festen sicheren Stand zu geben; daher ist die Vermischung des Sandes mit dem Moor bei der künftigen Bestellung unzulässig. Am besten geeignet ist grober Sand, möglichst kalkreich, niemals schwefelkieshaltig. Entnahme entweder aus dem Untergrunde oder von der Seite. Letzteres im Allgemeinen vorzuziehen, weil grössere Sicherheit gegen Schwefelkies. Bei Seitenentnahmen ist die oberste Schicht abzudecken, damit Unkrautsämereien nicht auf den Mooracker kommen. Hufschlag 0,50^{m} breit neben dem Graben nicht mit Moor abdecken (schlechter Wasserabfluss), besser dünn mit Sand beschütten und mit Gras ansäen. Die Bedeckung mit Sand unterbleibt bei schlecht verwestem Moor in den ersten Jahren, um die Durchlüftung und Verwesung zu begünstigen. Düngung ist nur mit Kali und Phosphorsäure nöthig, weil diese Nährstoffe im Grünlandsmoor fehlen. Menge der Düngung nach chemischer Zusammensetzung des Moors zu bestimmen, in der Regel sind im ersten Jahre 16 bis 24 Ctr. Kainit und 8 Ctr. Thomasschlacke nöthig; später genügen 16 + 4 Ctr. Bestellung mit beliebigen Früchten, Halm- und Blattpflanzen abwechselnd. Gesammtkosten: 4—900 Mk. f. d. ha.

4) Moorwiesen nach St. Paul. Das Grünlandsmoor wird durch 0,75^{m} tiefe Gräben entwässert, demnächst werden grosse Mengen Compost, genügend für mindestens 5^{mm} Deckhöhe, haufenweise im Herbst aufgebracht, nach dem Durchfrieren und Aufthauen im Frühjahr schnell

Digitized by Google

vertheilt und unter Zusatz von Grassaat so kräftig als möglich breiartig mit dem Moor durcheggt. Der Zeitpunkt hierzu muss genau abgepasst werden, wenn das Moor 6—8^{cm} tief aufgethaut, unten noch gefroren ist. Wiederholung der Cultur alle 3—4 Jahre.

5) Moorwiesen mit Sanddecke. Ausführung genau wie 3 mit folgenden Ausnahmen: Entwässerung nur 0,5—0,75^{m} tief; Vorgewende fallen ganz oder zum Theil fort; Planirung besonders sorgfältig; Stauvorrichtungen in den Zuggräben zweckmässig. Deckschicht kann lehmig, selbst schwerer Lehm sein, auch geringere Stärke 6—8^{cm} haben je nach der Sorgfalt, mit welcher das Moor geebnet worden war. Düngung wie 3. Ansaat durch gute Dauergräser.

6) Moorwiesen ohne Sanddecke. Melioration mit geringeren Erträgen, aber meist gut rentabel; stets anzuwenden bei schlecht verwestem Moor und geringer Entwässerungstiefe. Grabennetz wie 5, doch nur 0,4 bis 0,5^{m} tief und stets mit Stauvorrichtungen in den Zuggräben. Einebnen des Moores und gründliche Zerstörung der alten Grasnarbe durch Abhauen der Bulten, Eggen und Pflügen. Düngung alljährlich, doch in geringeren Mengen wie 3. Ansaat guter Gräser.

7) Neuere deutsche Hochmoorcultur (nach Dr. Salfeld und Prof. Fleischer.) Veencultur ist jetzt ausgeschlossen wegen schlechten Torfabsatzes durch Concurrenz der Kohle und Unmöglichkeit der Beschaffung des natürlichen Düngers in den erforderlichen Mengen. Deckverfahren kann wegen Mangel an Sand zufolge grosser Ausdehnung der Hochmoore nicht angewandt werden. Dazu kommt, dass die Moore arm sind an Kalk, weniger Stickstoff enthalten, ihre Pflanzenreste unvollkommen zersetzt und sperriger sind als diejenigen im Grünlandsmoor. Es unterbleibt die Sanddecke, auch das Austorfen wird unterlassen, weil die obere Schicht am nährstoffreichsten ist. Statt der schiffbaren Kanäle der Veenkolonien werden nur Entwässerungsgräben angelegt, die auf den 10 ha grossen Colonaten an Grippen anschliessen, d. s. 0,5^{m} breite Gräben, welche 0,6^{m} tief in 7 bis 10^{m} Entfernung bei Benutzung als Acker, 0,4^{m} tief und 20^{m} weit bei Benutzung als Wiese angelegt werden. Verkehr innerhalb der Colonie durch Feldbahnen. Zur Beförderung der Zersetzung: 80 Ctr. gebrannter Kalk a. d. ha aufbringen und eineggen, genügt für 15 Jahre. Brachbearbeitung mit der Hacke erst auf 12^{cm}, dann auf 20 bis 25^{cm} Tiefe. Die Düngung reicher als für Grünlandsmoore und unter Zugabe von Stickstoff: 32 Ctr. Kainit, 16 Ctr. Thomasschlacke und 8 Ctr. Chilisalpeter a. d. ha. An Thomasschlacke kann durch Brennen des Moores, an Chilisalpeter bei Anbau von Papilionaceen durch Impferde gespart werden. Stalldung ist aber auf die Dauer nicht zu entbehren. Gesammtkosten ungefähr 120—230 Mk. auf das ha.

Ausschachtungen im Moorboden.

In nassen Mooren mit etwa 10% Pflanzenresten und 90% Wassergehalt muss bei Anlage von Gräben und Kanälen sehr vorsichtig zu Werk gegangen werden, um das oft gewaltige Abmessungen zeigende Quellen und Auftreiben des Moorschlamms zu verhüten. Die hierdurch zuweilen entstehenden Risse können den Zusammenhalt der Moormasse auf 50^{m} und darüber hinaus vollständig zerstören und die Kulturarbeiten dadurch bedeutend erschweren und vertheuern.

In der Regel hat man zuerst 0,5^{m} breite und tiefe Gräben in der Richtung des auszuschachtenden Kanals oder Entwässerungsgrabens zu ziehen, je grösser der Wassergehalt des Moors ist, desto mehr muss letzteres Maass verringert und hierbei der Auswurf mind. 1^{m} vom Grabenrand entfernt gelagert werden. Ist hierauf eine entsprechende Austrocknung der nächsten Umgebung des Gräbchens erfolgt, was bei einem 6^{m} tiefen Moor in der Regel im zweiten Jahr, oft noch früher, bei seichteren Mooren aber schon im ersten Jahr eintritt, so vertieft man dass Gräbchen um ein weiteres halbes Meter und legt sodann senkrecht zu diesem Graben sogen. Kopfgräbchen oder Grippen in Entfernungen von 10^{m} unter sich und ca. 0,6^{m} breit, nahezu von der gleichen Tiefe wie der Hauptgraben an. Die Länge dieser Grippen wird etwa 3mal grösser als die Moortiefe angenommen. Bei 6^{m} tiefen Mooren geht man sodann im dritten Jahr 1,5^{m} tief und giebt dem Graben 1^{m} Sohlenbreite. Die Kopfgräben werden demgemäss ebenfalls vertieft. Am Schluss des dritten Jahres legt man auf jeder Seite des Hauptgrabens in einer Entfernung von 50—60^{m} gleich-

Digitized by Google

laufend mit demselben Gräben von 1m Tiefe und mittlerer Breite an welche das Wasser vom Arbeitsfeld fern halten, worauf die Auschachtung des Kanals in Angriff genommen werden kann. Der Aushub (mit Ausnahme der obersten Schicht) wird zu Brenn- und Streu-Torf verarbeitet. Das Moor sackt sich in der Umgebung des Kanals sehr stark.

Berieselung mit städtischem Kanalwasser.

Dieselbe wird durch folgende Eigenschaften der Kanaljauche erschwert:

1) Es besteht ein Missverhältniss zwischen den in ihr vorhandenen Nährstoffen und dem Nährstoffbedürfniss der Pflanzen. Ein Liter Kanalwasser enthält nach englischen Chemikern 0,36 g organische Stoffe, 0,08 g Stickstoff, 0,02 g Phosphorsäure und 0,026 g Kali. In der Berliner Spüljauche kommen auf 100 Theile Stickstoff 26 Th. Phosphorsäure, 45 Kali, 120 Kalk, 25 Magnesia, 30 Schwefelsäure, 125 Chlor. Durchschnittlich ist anzunehmen, dass die Abfallstoffe von 10 Menschen genügen, um den zur Erzielung guter Mittelernten erforderlichen Stickstoff, von 20 Menschen um die hierzu nöthige Phosphorsäure und von 50 Menschen um die nöthigen Kalimengen zu liefern. Dies Missverhältniss der nöthigsten Pflanzennährstoffe könnte durch Zugabe von Thomasschlacke (Phosphorsäure) und Kainit (Kali) ausgeglichen werden. Es geschieht nicht, weil ohnehin (nach 2) übergrosse Mengen selbst an Kali vorhanden sind. Der sonach vorhandene Ueberschuss besonders von Stickstoff führt zu einseitiger Entwicklung mancher Pflanzen. Gras z. B. kann wegen des Reichthums an Eiweissstoffen nicht gepresst oder zu Heu gemacht werden, es wird stets grün verkauft.

2) Grosser Reichthum an Nährstoffen im Verhältniss zu den verfügbaren Landflächen. Nach 1) würden die Abfallstoffe von 20 bis höchstens 50 Menschen genügen für 1 ha. Dann würden ausgedehnte und kostspielige Rieselfelder nöthig sein. Es werden daher in Berlin 250 Personen auf 1 ha, in England 285, in Danzig 440 Personen gerechnet. Hieraus folgt die Nothwendigkeit intensivster landwirthschaftlicher Cultur, das Gras wird 5, 6 auch 8 Mal jährlich geschnitten.

3) Die Spüljauche enthält zu viel Kochsalz. Dadurch wird z. B. der Kartoffelbau auf Rieselfeldern unmöglich.

4) Sie enthält zu viel Wasser. 8% Closetwasser und 92% Tage- und Strassenwasser liefern in Berlin 1,8m Rieselwasserhöhe jährlich. Dazu 0,6m Regenhöhe der Rieselfelder selbst = 2,4m Wasserschicht, welche alljährlich in den Boden absickern oder verdunsten muss. Demnach ist nur durchlässiger Boden für Rieselfelder geeignet, und dieser Boden muss überdies drainirt werden.

5) Die Jauche enthält zu viel feste zur Berieselung ungeeignete Sinkstoffe. Sand, Kaffeegrund, Papier, Thierleichen u. dergl. werden nicht vollständig in den Sandfängen der Pumpstationen zurückgehalten. Sie verfilzen den Boden und beeinträchtigen das Wachsthum der Pflanzen. Daher werden Vorbecken angelegt von 3m Seitenlänge in grösserer Zahl neben einander, welche von dem Wasser durchflossen werden. Diese Vorbecken sind aber nur nöthig bei Wiesenbewässerungen; bei Beetbewässerungen setzen sich die Sinkstoffe in den Furchen ab.

6) Der im Winter gefrorene Boden ist nicht aufnahmefähig für die Jauche. Dann wird das Wasser in drainirte Staubecken geleitet und 0,6 bis 1m hoch angestaut. Der Schlamm wird im Frühjahr als Dung verfahren, oder die Becken werden als Aecker bestellt.

Die Spüljauche wird durch eiserne Druckrohre — in Berlin 1m Durchm. — nach dem höchsten Punkte des Rieselfeldes geleitet. Von hier ab werden Zweigrohre mit abnehmendem Querschnitt — 70 bis 20cm Durchmesser — nach den einzelnen niedrigeren Kuppen des Feldes geführt, und von hier weiter offene Zuleitungsgräben nach den Beeten und Feldern. Absperrschieber und Wasserschieber in den Zweigrohren. Am Endpunkt des Druckrohres ein Standrohr, oben offen mit Schwimmer und Fahne für den Tages- und Laterne für den Nachtdienst; eine zweite feste Laterne am oberen Rande des Standrohres. Wenn die Fahne zu hoch steigt, bei Nacht die Laternen zu 2 Lichtern sich trennen, muss der Wärter durch Ziehen von Schiebern für Berieselung und Entlastung des Druckrohres sorgen.

Digitized by Google

Die Entwässerung geschieht durch Drains und Zuggräben nach dem Vorflutgraben. Die Drains auf den Feldern und Beeten erhalten 4—5^{cm} Durchmesser, 8—10^{m} Entfernung, möglichst 1,8^{m} Tiefe; die in den Staubecken 8—10^{cm} Durchmesser, 4—5^{m} Entfernung und möglichst 2^{m} Tiefe.

Die Rieselfelder werden zu Schlägen mit 8% Gefälle in Absätzen umgeformt. Jedes Stück wird in quadratische Felder weiter zerlegt und von allen Seiten mit einem Wall umgeben. Am oberen Ende ein kleiner Graben längs des Walles, in welchen durch ein Einlassschütz die Jauche eingelassen wird. Sie schlägt über den Grabenbord gleichmässig auf das Feld. Ein Graben am unteren Wall nimmt das abgerieselte Wasser auf. Ist dieser gefüllt, so wird das Wasser abgestellt, das Schütz geschlossen und ein anderes geöffnet. — Die Bestellung der Aecker geschieht 3—4 Tage nach dem Rieseln. Pflügen mit Zweischar 18^{cm} tief, dann walzen, damit später wieder berieselt werden könne. Das zweite Rieseln beginnt, sobald die Pflanzen es ertragen können. Jede Frucht wird mehrmals, Hafer z. B. 3 Mal berieselt. — Gras wird in jedem Schnitt 2 Mal und zwar an 6 Tagen je 5 Stunden Nachts berieselt. Die Saat besteht aus 3 Th. Lolium italicum und 1 Th. Phleum pratense. Der Schnitt erfolgt bei 0,3 bis 0,5^{m} Höhe.

Gemüse wird in Beeten gezogen von 1^{m} Breite und 150 bis 180^{m} Länge. Dss Rieselwasser wird in die Furchen geleitet und angestaut. Der in den Furchen sich sammelnde Schlamm wird auf die Beete gebracht. Alljährlich wechselt die Lage der Furchen.

Wiesenwässerung und Wiesenwartung*).

§. 1. Durch die Bewässerung der Wiesen soll ein möglichst hoher Ertrag an gutem Heu und Oehmd erzielt werden.

Das Wässerwasser soll den Wiesen nicht nur den erforderlichen Dünger zuführen, sondern auch die Gräser gegen Frost und Dürre schützen.

§. 2. Die düngende Bewässerung hat hauptsächlich

a) im Herbst gleich nach der Oehmdernte zu erfolgen und muss bis zum Eintritt der Winterwitterung fortgesetzt werden. Die Bewässerung muss eine möglichst anhaltende und starke sein. So lange das Wasser wärmer ist als die Luft, darf die Wässerung nicht ausgesetzt werden, auch bei leichteren Nachtfrösten nicht, sofern nur das Wasser in einer genügend starken, die Frostbildung verhindernden Schichte überrieselt.

Da im Herbst eine kräftige Bewässerung auch an solchen Orten, wo wenig Wasser zu Gebote steht, durchaus nothwendig ist, so muss in diesem Falle ein öfteres Umstellen stattfinden, damit entsprechend kleinere Flächen, diese dann aber stark, überrieselt werden können; auch muss das Abwasser, wo immer thunlich, durch Wiederverwendung ausgenützt werden. — Im normalen Zustand soll nach der Herbstwässerung die Wiese schwarz und (durch den abgelagerten Schlamm) schlüpfrig aussehen.

b) Die Frühjahrswässerung trägt ebenfalls wesentlich zur Düngung bei, namentlich soll aber auch durch sie ein Schutz der im Wachsthum befindlichen Graspflanzen gegen Frost erreicht werden, also namentlich in Nächten mit hellem Himmel. Es muss, um das Ausfrieren zu verhüten, stark überrieselt werden, und zwar sind diejenigen Stellen, an welchen der Graswuchs am weitesten voran und daher durch die Fröste am meisten gefährdet ist, am stärksten und vor etwaigen anderen mehr zurückgebliebenen zu bewässern. So lange noch Schnee auf den Wiesen liegt, darf nicht gewässert werden. Der Beginn der Wässerzeit hängt von der Wärme des Wassers ab; ist letztere höher als die der Luft, sind keine anhaltenden starken Fröste mehr zu befürchten und kann der Boden durch das Wasser aufgethaut erhalten werden, so ist die Wässerung am Platze. Sobald aber die Tage wärmer werden, so dürfen die Wiesen nicht mehr anhaltend gewässert werden. Das Wasser ist

---

*) Von Herrn Rheinhard im Jahre 1877 verfasste Dienstanweisung für die Wiesenwarte der württ. Forst- und Domänendirection.

Digitized by Google

dann öfters umzustellen und sind die Wiesen zeitweise ganz trocken zu legen, damit sich der Boden erwärmen kann. Bei anhaltend warmer, aber nicht heller Witterung darf den Tag über nur schwach, bei starkem Sonnenschein gar nicht gewässert werden.

Wenn Fröste Schaden angerichtet haben, so ist des Morgens, ehe die Sonne scheint, das Wasser auf die Wiesen zu richten, um den Boden aufzuthauen.

Sobald die Gräser zu blühen beginnen, ist die Bewässerung zum Zweck der Düngung einzustellen und solche nur noch zum Schutze gegen Dürre zu gebrauchen, und zwar nur bei bedecktem Himmel und bei Nacht. Es wird alsdann das Wasser nur noch in dieser beschränkten Weise, welche ein öfteres Umstellen bedingt, in die Wiesen eingelassen, 14 Tage vor der Heuernte aber, welche dann vorzunehmen ist, wenn die Mehrzahl der Gräser in der Blüthe steht, wird jegliche Wässerung eingestellt. Die Wiesen nebst den zugehörigen Gräben und Wässergrippen müssen dann vollständig trocken gelegt sein. Nur zum Zweck des leichteren Mähens darf die Nacht zuvor das Wasser schwach eingelassen werden.

c) Die Sommerwässerung hat erst 8—10 Tage nach der Heuernte zu beginnen und 8 Tage vor der Oehmdernte aufzuhören.

Diese Bewässerung soll zur Anfeuchtung der Wiesen dienen und daher in dieser Zeit, im Falle anhaltender Trockenheit, jeder Wiesenabschnitt 2—3 Tage hintereinander bis zur Sättigung des Bodens stark überrieselt werden, jedoch womöglich nur bei Nacht oder an trüben Tagen.

§. 3. Zur Erhaltung einer Wässerwiese in gutem Stand muss dieselbe auch vollständig trocken gelegt werden können. Es dürfen daher die Hänge und Rücken keine Unebenheiten aufweisen, durch welche der Ablauf des Wassers gehindert werden kann, die Wasserfallen müssen überall dicht schliessen, die Gräben müssen in dem vorschriftsmässigen Gefäll erhalten werden, dass nach Abschluss des Wassers die Gräben sich vollständig entleeren, überhaupt in den zur Trockenlegung bestimmten Wiesenabschnitten nirgends stehendes Wasser angetroffen wird, da solches Wasser den Boden erkältet und ausserdem zu dessen Versumpfung nach und nach Veranlassung gibt.

Bei der Unterhaltung der Wiesen ist daher dafür Sorge zu tragen, dass das Abwasser rasch und vollständig abgeführt wird, also nicht in dem Wiesboden zurückbleiben kann. Rückstauungen wegen Verengung des Querprofils oder mangelnder Vorfluth dürfen, ausser bei Hochwasser, in den Entwässerungsgräben nicht vorkommen.

§. 4. Es muss beim Mähen darauf gesehen werden, dass keine zu hohen Stoppeln stehen bleiben, sondern dass das Gras kurz und gleichmässig abgemäht wird; es darf aber auch das Gras nicht so kurz abgehauen werden, dass dadurch die Grasnarbe verletzt wird. Die Gräben sind von den Pächtern mit besonderer Sorgfalt auszumähen.

Ferner ist darauf zu achten, dass die Wagen, wenn immer thunlich, sich nur auf den vorhandenen Heuwegen aufstellen und dort wenden, also nicht über die Rücken und Wässergrippen fahren und durch die hierdurch entstehenden Geleisbildungen den regelmässigen Wasserablauf stören. Ueberhaupt sind die Hänge und Rücken stets gut geebnet und in vorschriftsmässigem Gefäll zu erhalten.

§. 5. Die eigentlichen Bewässerungsanlagen bestehen aus den Staug wehren, welche das Wässerwasser den Hauptzuleitungsgräben zuführen. Die in letzteren angebrachten Staufallen haben die Vertheilung des Wassers auf die verschiedenen Wiesenabschnitte mittelst der Zubringergräben zu vermitteln, von welchen aus sodann das Wasser ebenfalls mittelst Stauung durch Fallen in die Vertheilungsgräben und Wässergrippen gelangt; von diesen aus erfolgt dann die Ueberrieselung der Hänge und Rücken der Wiesen. Das abfliessende Wasser wird durch Entwässerungsgräben und Rinnen aufgefangen und von diesen entweder wieder nach andern Wiesenabschnitten zur Wiederbenützung oder direkt in den Mutterbach geleitet. Manche Entwässerungsgräben haben daher auch zugleich die Eigenschaft von Bewässerungsgräben.

Von der Erhaltung des richtigen Gefälls und Profils dieser Gräben hängt der Erfolg der Bewässerung ab; das zufliessende Wasser muss

Digitized by Google

von denselben vollständig und ohne Hinderniss wieder abgeführt werden; bei den Bewässerungsgrippen aber müssen die Grabenränder so erhalten werden, dass ein gleichförmiges Ueberrieseln stattfindet.

Auf die Erhaltung der sonstigen Anlagen, wie der Heuwege, Schleusen, Dohlen u. s. w. ist selbstverständlich ebenfalls alle Sorgfalt zu verwenden.

Die Berasung von Wässerungswiesen.

Von Landmesser und Kulturtechniker Lehrke in Cassel.

Aussaatfläche bis zu 20° Neigung gleich der Horizontalebene darüber geneigte Flächen sind gleich dem arithmet. Mittel der Böschungsfläche und ihrer horizontalen Lagerebene zu setzen.

Aussaatquantum. Bezeichnet R die Reinheit und K die Keimfähigkeit des reinen Saatguts, so ist $0{,}01\,R.K = G$, d. h. gleich dem Gebrauchswerthe des Samens. Aus dem rechnungsmässig ermittelten (absoluten) Aussaatquantum S einer für sich pro ha auszusäenden Samenart von 100% Gebrauchswerth, lässt sich das wirklich erforderliche Aussaatgewicht $\mathfrak{S}$ für Reinsaaten (Samenzucht etc.) nach der Formel $\mathfrak{S} = \frac{100\,S}{G}$ bei jedem Gebrauchswerth feststellen. Für Wiesenansaaten ist ein Zuschlag erforderlich, welcher mit abnehmenden Gebrauchswerthen steigt. Zur Berechnung dieser Saatmengen dient Tabelle I.

Der reelle Preis des Saatguts P lässt sich aus dessen Gebrauchswerth und Handelspreis $\mathfrak{P}$ bestimmen. Es ist $P = \frac{100\,\mathfrak{P}}{G}$. Sowohl G als $\mathfrak{P}$ sind in den Katalogen der Händler vermerkt. (Tab. II.)

Bezug des Saatgutes. Jede Sorte ist getrennt unter schriftlicher Garantie des in geraden Zahlen auszudrückenden Gebrauchswerths zu beziehen. Proben von je 50 g sind von einer Samencontrolstation nachuntersuchen zu lassen. G darf höchstens um 5% gegen die Garantieangaben abweichen. Grössere Differenzen sind durch kostenfreie Nachlieferung auszugleichen. Die Garantiezeit muss 3 Monate betragen; innerhalb dieser Frist wird die Untersuchung vorgenommen. Im Angebotsverfahren werden die Spalten 1—4 der Tab. III von dem Techniker ausgefüllt, die Handlungen ergänzen die übrigen Columnen.

Mischung und Unterbringung. Nach erfolgter Untersuchung und event. Ergänzung wird die Mischung zusammengesetzt. Nur annähernd gleich schwere Samen werden zusammen ausgesäet. In der Regel werden 3 Mischungsportionen herzustellen sein. Die leichten, stark bespelzten und behaarten Samenarten sind mit trockenem Sande zu mischen. Die Aussaat erfolgt, um Lücken und Streifen zu vermeiden, je in der Längen- und Querrichtung des Feldes. Auf schweren Bodenarten wird der ausgestreute Samen direct, auf leichteren nach vorheriger Eineggung mit der Dornegge angewalzt. Die Ueberfrucht wird stets vor der Grasansaat in gewöhnlicher Weise ausgesäet und untergebracht. — Das Saatfeld muss gehörig gelockert und von Unkräutern sorgfältig gereinigt sein. Beste Aussaatzeit im Frühjahr, wenn die Vegetation der Umgebung erwacht, oder im Herbst (Mitte August — September), sobald die grösste Sommerhitze vorüber und der Boden durch Regen hinlänglich angefeuchtet ist.

Digitized by Google

Tabelle I.

Ermittelung des wirthschaftlichen Bedarfs an Saatgut für die Anlage von Wiesen.

Beträgt das absolute Aussaatquantum (S) einer Waare mit dem Gebrauchswerth 100 = 1 kg, so berechnet sich der wirthschaftliche Bedarf (Ⓢ) derselben, bezogen auf die beigeschriebenen Gebrauchswerthe

Gebrauchswerth (G).	0	2	4	6	8
	zu Kilogramm:				
10	17,125	14,208	12,125	10,563	9,348
20	8,377	7,580	6,917	6,356	5,875
30	5,458	5,094	4,772	4,486	4,230
40	4,000	3,792	3,602	3,429	3,271
50	3,125	2,990	2,866	2,750	2,642
60	2,542	2,448	2,359	2,277	2,199
70	2,125	2,056	1,990	1,928	1,869
80	1,813	1,759	1,708	1,660	1,614
90	1,570	1,527	1,487	1,448	1,411
100	1,375	—	—	—	—

d. h. bei 60% Gebrauchswerth sind statt 1 kg deren 2,542, bei 64% Gebrauchswerth statt 1 kg 2,359 als wirthschaftlicher Bedarf erforderlich. (Sp. 6 Tab. III.)

Tabelle II.

Ableitung des absoluten Preises aus dem Handelspreis.

Beträgt der Handelspreis (℔) einer Samenart mit dem Gebrauchswerth G = 1 Pf., so berechnet sich der reelle Preis (P) derselben, bezogen auf den Gebrauchswerth 100

0	2	4	6	8	Gebrauchswerth (G).
zu Pfennig:					
10,000	8,333	7,143	6,250	5,556	10
5,000	4,545	4,167	3,846	3,571	20
3,333	3,125	2,941	2,778	2,632	30
2,500	2,381	2,273	2,174	2,083	40
2,000	1,923	1,852	1,786	1,724	50
1,667	1,613	1,563	1,515	1,471	60
1,429	1,389	1,351	1,316	1,282	70
1,250	1,220	1,190	1,163	1,136	80
1,111	1,087	1,064	1,042	1,200	90
1,000	—	—	—	—	100

d. h. bei 60% Gebrauchswerth beträgt der absolute Preis 1,667 Pf., wenn der Handelspreis 1 Pf. beträgt; bei 64 kg absolut 1,563 Pf., statt 1 Pf. im Handel. (Sp. 9, Tab. III.)

Bestandtheile der Mischungen. Eine jede Misch. besteht aus 100% der Einzelsaaten + einer Haferschutzfrucht. Gesammtgewicht pro ha 100 kg. Im Mittel beträgt das Gewicht einer Mischung ohne Ueberfrucht 55 kg. Misch., die ohne Ueberfr. mehr als 75 kg wiegen, enthalten entweder zu grosse Mengen fremde Bestandtheile, zu niedere Gebrauchswerthe, oder sind fehlerhaft zusammengesetzt. Ihre Verwendung sollte unterbleiben. — Da eine Bewäss. neu angesäeter Anlagen erst nach zwei Jahren erfolgen darf (inzwischen ist nur mässiges Anfeuchten und öfteres Walzen erforderlich), so sind, um die erstjährigen Erträge zu bilden, etwa 20% Gras- und 10% Kleearten, welche schnell wachsen und kurz vegetiren, sowie bei regelmässiger Bewässerung ausgehen, in die Mischung aufzunehmen. Ihr Bestand gewährt neben der Ueberfrucht (die, wenn ihre Höhe 2 dm beträgt, abzumähen ist) den ausdauernden Pflanzen Schutz zur kräftigen Entwickelung und Bildung der Rasennarbe, auch unterdrückt derselbe die Unkräuter. — Neben dem Samen der kurz vegetirenden Pflanzen werden mit diesem zugleich 10% Samen ausdauernder Kleearten und 60% gleichmässig zu vertheilender Samen perennirender Ober- und Untergräser in den Boden gebracht. Theure Sämereien, wie sie in einzelnen Jahrgängen vorkommen, lässt man in der Mischung zurücktreten. So würde beispielsweise in Tab. III lfd. No. 19 Wiesenschwingel zweckmässigerweise mit 10% aufzunehmen sein seines hohen Preises wegen aber ist derselbe zu Gunsten von lfd. No. 17 und 18 auf 2,5% beschränkt worden.

Die nachfolgende Normalmischung (Tab. III) gibt bei durchlassendem Untergrund und gutem, in ausreichender Menge aufgebrachten Rieselwasser die höchsten Erträge. Die besten Ernten sind jedoch von dem rechtzeitigen Mähen (bei beginnender Blüthe, also in der ersten Junihälfte) abhängig. Nach Johanni ist der Bestand verholzt und wenig nahrhaft, auch leidet alsdann der Ertrag des zweiten Schnittes.

Digitized by Google

Tabelle III.

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.		11.
Laufende Nummer.	Normalmischung zur Ansaat einer Rieselwiese in urbarem oder aufgetragenem Boden. Fläche (F) = 10 ha.	Mischungsverhältniss. p.	Absolutes Aussaatquantum pro ha bei 100 % Gebr. S.	Garantirter Gebrauchswerth. G.	Wirkliches Aussaatquantum pro ha, bezogen a. d. Spalten 4 u. 5. $\mathfrak{S}$.	Gewicht in der Mischung $\mathfrak{S}$. p. F.	Handelspreis pro kg. $\mathfrak{P}$.	Wirklicher Preis pro kg. $P = \frac{100\,\mathfrak{P}}{G}$	Kosten des Saatgutes.		Bemerkungen.
	Namen der Pflanzen.	%	kg	%	kg	kg	Pf.	Pf.	M.	Pf.	
	A. Erstjähr. Bestand.										
1	Italienisches Raigras .	10	40	90	62,8	62,8	45	50	28	26	
2	Riesenschwingel . . .	5	15	26	95,4	47,7	50	192	22	35	
3	Deutsches Raigras . .	2,5	60	66	136,7	34,2	60	91	20	52	
4	Platthalm-Rispengras	2,5	20	48	65,4	16,4	150	313	24	60	
5	Gemeiner Schotenklee	2,5	12	70	25,6	6,4	600	857	38	40	
6	Hopfenluzerne . . .	2,5	16	84	27,4	6,9	60	71	4	14	
7	Wiesenklee, deutscher	5	15	74	29,9	15,0	150	203	22	50	Seidefrei.
		30 %									
	B. Hauptbestand.										
	(Untergr.)										
8	Echtes Geruchgras .	1	12	36	53,9	5,4	240	667	12	96	
9	Kammgras	4	16	68	35,2	14,1	200	294	28	20	
10	Härtlicher Schwingel	2,5	15	40	60,0	15,0	90	225	13	50	
11	Engl. Raigras . . .	5	40	80	72,5	36,3	50	63	18	15	
12	Goldhafer	5	9	30	49,1	24,5	150	500	36	75	
13	Wiesen-Rispengras .	5	9	40	36,0	18,0	100	250	18	—	
14	Spätes Rispengras . .	2,5	10	40	40,0	10,0	80	200	8	—	
15	Fioringras	5	6	50	18,8	9,4	90	180	8	46	
	(Obergr.)										
16	Wiesenfuchsschwanz .	5	8	30	43,7	21,9	180	600	39	42	
17	Franz. Raigras . . .	5	46	76	88,7	44,4	110	145	48	48	
18	Knaulgras	10	20	60	50,8	50,8	150	250	76	20	
19	Wiesenschwingel . .	2,5	50	60	127,1	31,8	180	300	57	24	
20	Timotheum	5	15	96	21,7	10,9	80	83	8	72	
21	Gemeines Rispengras	2,5	7	36	31,4	7,9	200	556	15	80	
		60 %									
	Kleearten.										
22	Bastardklee	7,5	8	80	14,5	10,9	120	150	13	08	Seidefrei.
23	Weissklee	2,5	10	70	21,3	5,3	180	257	9	54	
	Zusammen . .	100	—	—	—	506,0	—	—	573	27	
24	**Haferüberfrucht** . . .	—	120	100	—	494,0	15	—	74	10	
	Summa . .	—	—	—	—	1000,0	—	—	647	37	

Vorstehend entwickelte Methode bezieht sich nur auf im Auftrage gelegene, oder bereits urbare Bodenflächen. Im Abtrag gelegene Flächen werden zweckmässigerweise mit abgehackten Rasenstücken, die jedoch weder schlechte Gräser noch Unkräuter enthalten dürfen, eingeimpft. Die verbleibenden Zwischenräume sind mit fruchtbarer Erde auszufüllen und ist das Ganze alsdann einzusäen. Nachher wird die Fläche möglichst eben gewalzt. Sollen jedoch im Abtrag gelegene Bodenflächen ausnahmsweise ohne vorgängige Rasenanlage angesäet werden, so ist etwa 1/4 Saatgut mehr, als das in Tab. I nachgewiesene zu verwenden.

Vorwiegend schwere oder leichte Bodenarten, mit mehr oder weniger durchlässigem Untergrund, erfordern ein anderes Mischungsverhältniss. Ebenso sind auch Einsaaten zu Ueberstauungs- und Einstauungsanlagen, sowie Ansaaten im Petersen'schen Wiesensysteme abweichend von der Normalmischung der Tab. III zusammenzusetzen. Ueber die in dieser Hinsicht gesammelten Erfahrungen und Regeln, bezüglich der Auswahl des Saatguts für die verschiedenen Boden- und Höhenlagen etc. vergleiche man: „Deutsche Bauzeitung" 1887, S. 345; „Centralblatt der Bauverwaltung" 1888, S. 108; Wiener „Allgem. Bauzeit." 1888, S. 49, sowie das Handbuch des Verfassers über „Mischung und Ansaat der Grassämereien", Breslau 1888. Die landwirthschaftlichen und bautechnischen Gesichtspunkte sind in dem Handbuch von Dünkelberg-Fries: „Der Landwirth als Techniker, Braunschweig 1866," enthalten.

X. Höhenlage der Meere.

(Nach Klein in Wien.)

Sämmtliche Höhenangaben sind auf den Normalnullpunkt NN der preussischen Landesaufnahme und auf das Mittelwasser von Swinemünde MW. Sw. bezogen.

Meer und Küstenort.	MW. Sw.	Mittelwasser bezogen auf NN.	Meer und Küstenort.	MW. Sw.	Mittelwasser bezogen auf NN.
Ostsee.			Nordsee und Kanal.		
Memel	+ 0,319	+ 0,263	Cuxhaven . . .	+ 0,107	+ 0,051
Pillau	— 0,002	— 0,058	Bremerhaven . .	+ 0,176	+ 0,120
Neufahrwasser . .	+ 0,087	+ 0,031	Geestemünde . .	+ 0,162	+ 0,106
Stolpmünde . . .	— 0,023	— 0,079	Wilhelmshaven .	— 0,073	— 0,129
Kolbergermünde .	— 0,043	— 0,099	Knock am Dollart	+ 0,105	+ 0,049
Swinemünde . . .	+ 0,000	— 0,056	Nesserland bei Emden	+ 0,041	— 0,015
Wiek	— 0,001	— 0,057	Amsterdam . . .	+ 0,093	+ 0,037
Stralsund	— 0,009	— 0,065	De Helder . . .	— 0,038	— 0,094
Warnemünde . .	— 0,062	— 0,118	Ostende	+ 0,072	+ 0,016
Wismar	— 0,088	— 0,144	Dünkirchen . . .	+ 0,239	+ 0,183
Travemünde . . .	— 0,127	— 0,183	Calais	—	+ 0,033
Kiel	— 0,160	— 0,216	Boulogne . . .	+ 0,179	+ 0,123
Eckernförde . .	— 0,269	— 0,325	Le Havre . . .	+ 0,290	— 0,234
			Cherbourg . . .	+ 0,244	+ 0,188
			St. Servan . . .	+ 0,389	+ 0,333

Ferner bezogen auf NN. Brest + 0,373, Ile d'Aix — 0,097, Arcachon — 0,138, Cette — 0,487, Marseille — 0,717, Nizza — 0,867, Schwarzes Meer — 1,05, Stiller Ocean + 1,0 bis + 2,9, Rothes Meer + 0,14.

Digitized by Google

XI. Geographische Coordinaten*).

In dem Verzeichnisse sind die Längen in Bogen von Ferro (20° westlich von Paris) an gezählt und der Unterschied der Ortszeit gegen mitteleuropäische Zeit (bestimmt nach dem Meridian 15° östlich von Greenwich) angegeben.

Der Zeitunterschied beträgt für je 15 Bogensekunden Unterschied der geogr. Längen 1 Zeitsekunde; oder in der Ebene eines mittleren Breitegrades gemessen für 1 km 3,3 Zeitsekunden.

Die angegebenen Höhenzahlen beziehen sich auf die Schienenhöhe des Hauptbahnhofes der betreffenden Stadt über dem Mittelwasser der Ostsee bei Swinemünde in allen den Fällen, in welchen ausser den Metern noch Decimeter angeschrieben sind.

Punkt.	Geogr. Breite.	Geogr. Länge in Bogen v. Ferro.	Zeit gegen mitteleurop. Zeit.	Höhe über dem Meer.
	° ′ ″	° ′ ″	*h* *m* *s*	Meter
Aachen, Granusthurm	50 46 40	23 45 0	— 0 30 39	184,9
Altenburg	50 59 2	30 6 2	— 0 10 15	177,9
Altona, Sternwarte	53 32 45	27 36 20	— 0 20 14	
Amsterdam	52 22 30	22 32 54	— 0 40 27	
Antwerpen	51 13 15	22 3 55	— 0 42 23	7,6
Augsburg, St. Ulrichs-Thurm	48 21 44	28 33 53	— 0 16 23	490,1
Barmen	51 16 20	24 51 50	— 0 31 12	184,5
Basel, Münster	47 33 25	25 15 23	— 0 29 37	279,0
Berlin, Sternwarte	52 30 17	31 3 29	— 0 6 25	35,0
Bern, Sternwarte	46 57 9	25 6 11	— 0 30 14	572
Bochum	51 29 0	24 53 0	— 0 31 7	93,6
Bonn, Sternwarte	50 43 45	24 45 34	— 0 31 36	55,8
Brandenburg	52 24 30	30 13 40	— 0 9 44	
Braunschweig, Andreasthurm	52 16 6	28 11 16	— 0 17 54	72,1
Bremen, St. Ansgarius	53 4 48	26 28 6	— 0 24 47	4,3
Breslau, Sternwarte	51 6 56	34 42 3	+ 0 8 9	118,0
Brocken	51 48 11	28 16 52	— 0 17 31	1041
Bromberg	53 7 27	35 40 47	+ 0 12 4	48,6
Brünn, Rathhaus	49 11 39	34 16 30	+ 0 6 27	
Brüssel, Sternwarte	50 51 11	22 1 52	— 0 42 31	18,9
Chemnitz	50 49 32	30 33 25	— 0 8 27	305,7
Coblenz, Thurm	50 21 39	25 15 44	— 0 29 36	69,2
Coburg	50 15 19	28 37 45	— 0 16 8	293,6
Colmar, Thurm	48 4 41	25 1 20	— 0 30 34	187
Cöln, Dom	50 56 29	24 37 11	— 0 32 10	50,5
Crefeld, Thurm	51 19 53	24 13 42	— 0 33 44	36,1
Danzig, Sternwarte	54 21 18	36 19 51	+ 0 14 40	2,9
Darmstadt	49 52 21	26 19 23	— 0 25 11	135,4
Dessau	51 50 6	29 56 44	— 0 10 52	59,5
Dortmund	51 31 25	25 7 50	— 0 30 8	78,2
Dresden, Sternwarte	51 2 17	31 3 30	— 0 5 5	114,7
Düsseldorf (Bilk)	51 12 25	24 26 14	— 0 32 55	26,7
Eisenach	50 58 55	28 0 0	— 0 18 39	199,9
Elberfeld	51 15 24	24 49 39	— 0 31 20	157,8
Erfurt	50 58 49	28 42 15	— 0 15 50	198,5
Erlangen, Protestant. Kirche	49 35 48	28 40 4	— 0 15 59	324
Essen	51 27 25	24 40 40	— 0 31 56	67,8
Flensburg	54 47 0	27 5 40	— 0 22 16	
Frankfurt a. M., Dom	50 6 43	26 21 0	— 0 24 15	74

*) Zum Theil entnommen aus: „Grundzüge der astronomischen Zeit- und Ortsbestimmung“ von Dr. W. Jordan, Professor in Hannover. Berlin (Springer) 1885.

Geographische Coordinaten.

Punkt.	Geogr. Breite.	Geogr. Länge in Bogen v. Ferro.	Zeit gegen mittel-europ. Zeit.	Höhe über dem Meer.
	° ′ ″	° ′ ″	*h m s*	Meter.
Frankfurt a. d. Oder	52 22 8	32 13 0	— 0 1 47	54,1
Freiberg	50 55 0	31 0 20	— 0 6 38	412,5
Freiburg in Baden	47 59 40	25 31 0	— 0 28 35	268,3
Giessen	50 35 10	26 20 40	— 0 25 17	142
Gotha, Sternwarte	50 56 38	28 22 32	— 0 17 9	307,1
Görlitz	51 9 20	32 39 6	— 0 0 3	219,5
Göttingen, Sternwarte	51 31 48	27 36 20	— 0 20 14	146,4
Gratz, Jesuitenschule	47 4 37	33 6 45	+ 0 1 48	392
Greifswalde, Leuchtthurm	54 15 4	31 35 25	— 0 4 17	
Greenwich, Sternwarte	51 28 38	17 39 45	— 1 0 0	32
Halle	51 29 38	29 37 30	— 0 12 9	108,0
Hamburg, Sternwarte	53 33 7	27 38 22	— 0 20 6	6,9
Hannover, Techn. Hochschule	52 22 52	27 22 52	— 0 21 7	53,8
Heidelberg	49 24 40	26 22 20	— 0 25 10	111,6
Hildesheim	52 9 6	27 37 0	— 0 20 11	85,7
Jena	50 56 29	29 27 0	— 0 13 31	163
Karlsruhe, Polytechnikum	49 0 42	26 4 43	— 0 26 20	114,2
Kassel, Martinsthurm	51 19 70	27 9 57	— 0 21 59	182,0
Kiel, Sternwarte	54 20 30	27 48 45	— 0 19 24	
Königsberg, Sternwarte	54 42 51	38 9 30	+ 0 21 59	22,0
Leipzig, Sternwarte	51 20 6	30 3 15	— 0 10 26	119,9
Liegnitz	51 12 49	33 49 32	+ 0 4 39	117,8
Linz	48 18 20	31 57 0	— 0 2 51	224
Lübeck, Sternwarte	53 51 31	28 21 11	— 0 17 14	
Magdeburg, Dom	52 8 4	29 18 30	— 0 13 25	47,7
Mainz, Dom	49 59 44	25 56 8	— 0 26 54	85
Mannheim	49 29 11	26 7 23	— 0 26 9	97
Marburg, Sternwarte	50 48 47	26 26 1	— 0 24 55	
Metz	49 7 24	23 50 23	— 0 35 17	182
München, Sternwarte	48 8 45	29 16 16	— 0 13 34	523,4
Nürnberg, Burg, Runder Thurm	49 27 30	28 44 26	— 0 15 41	310,3
Osnabrück	52 16 28	25 42 35	— 0 27 49	64
Paris, Sternwarte	48 50 13	20 0 0	— 0 50 39	64
Petersburg, Sternwarte	59 56 30	47 58 13	+ 1 1 14	20
Pforzheim	48 53 30	26 22 0	— 0 25 11	280,0
Posen	52 24 40	34 36 12	+ 0 7 46	86,0
Potsdam	52 22 56	30 43 43	— 0 7 44	32
Prag, Sternwarte	50 5 18	32 5 14	— 0 2 18	188
Regensburg	49 1 10	29 45 40	— 0 11 36	350
Rostock	54 5 29	29 48 33	— 0 11 25	
Rotterdam	51 55 20	22 9 0	— 0 42 3	
Schwerin, Sternwarte	53 37 38	29 5 0	— 0 14 19	
Stettin, Navigationsschule	53 26 21	32 14 34	— 0 1 41	5,0
Stralsund	54 18 20	30 46 0	— 0 7 35	16
Strassburg, Münster	48 34 57	25 24 54	— 0 28 59	143
Stuttgart, Polytechnikum	48 46 56	26 50 31	— 0 23 17	249,4
Trier	48 45 25	24 18 7	— 0 33 27	132,0
Triest, Sternwarte	45 38 34	31 25 15	— 0 5 8	
Tübingen, Sternwarte	48 31 12	26 42 58	— 0 23 47	321,5
Ulm, Münster	48 23 56	27 39 27	— 0 20 1	477,6
Wien, Sternwarte	48 12 36	34 2 42	+ 0 5 32	150
Wiesbaden, Neue Ev. Kirche	50 4 58	25 54 26	— 0 27 1	96,3
Würzburg	49 47 39	27 35 47	— 0 20 16	183,5
Zürich	47 22 42	26 12 51	— 0 25 47	459

Digitized by Google

XII. Technische Vorarbeiten bei Landesmeliorationen in Preussen.

(Auszug aus der Verfügung des Ministeriums für Landwirthschaft vom 15. August 1872.)

Allgemeine Vorarbeiten: Es ist ein Uebersichts-Situationsplan aus Karten im Maassstab von 1:10000 bis 1:100000 zusammenzustellen und in denselben das Project karminroth anzudeuten. Beizulegen ist ein Erläuterungsbericht, welcher eine kurze Beschreibung des Meliorationsgebiets, aller culturschädlichen Vorkommnisse, die Grundzüge der geplanten Melioration mit Rücksicht auf Kosten und Vortheile der Anlage, die Menge und die Beschaffenheit des Wassers, nebst generellem Kostenüberschlag enthält.

Die speciellen Vorarbeiten umfassen die Herstellung einer Specialkarte, wozu gewöhnlich eine Katasterkarte oder dergl. benutzt werden kann, ferner genauer Nivellementspläne, von Uebersichtskarten, eines Uebersichtsnivellements und des eigentlichen Meliorationsplans nebst Beibericht, welcher Erläuterungen, Berechnungen, Bauzeichnungen und Kostenanschlag zu enthalten hat.

Wird für die Specialkarte ein besonderer Maassstab gefordert, so ist gewöhnlich der Maassstab von 1:5000 zu wählen; der astronomische Meridian ist auf derselben anzugeben; einzelne Sectionen sollen womöglich nicht länger als 2^m und nicht höher als 1^m sein; die Anschlüsse sind auf 5^{cm} Breite in blossen Linien anzugeben. Die Eintragung bestehender Gegenstände soll schwarz, diejenige bestehender Wasserzüge, die in bordvoller Höhe gezeichnet werden, hellblau, aller neuen Anlagen karminroth geschehen; die Farben sind matt zu halten. Die Endpunkte gemessener Hauptlinien sind mit schwarzen Ringen zu bezeichnen, gemessene und nivellirte Linien schwarz (fein) auszuziehen und von 1000 zu 1000^m Länge mit Ringen zu stationiren. Die Stationirung ist so zu machen, dass die Nummer jeder Station mit 100 multiplicirt den Abstand der Station vom Anfangspunkt in Metern gibt. Die Umfangslinie der Meliorationsbetheiligung ist mit einem grünen Strich zu bezeichnen. Die Inundationsgrenze in den Theilen, wo sie von der Grenze der Betheiligung abweicht, ist blau zu punktiren.

Nivellements sind doppelt auszuführen und bei den Längen im Maassstab 1:5000, bei den Höhen im Maassstab 1:200 aufzutragen. Abweichungen im Maassstab sind da zulässig, wo sich das Nivellement an eine vorhandene Specialkarte anschliesst, deren Maassstab alsdann zu wählen ist; ferner bei Zügen von mindestens 15 km Länge, da hierbei der Maassstab 1:10000 übersichtlicher ist; endlich bei Flächennivellements, bei welchen die Ordinaten in der Specialkarte eingeschrieben und nur von solchen Linien Profile hergestellt werden, die augenscheinlich für Hauptttheile von Anlagen zu benutzen sind. Als Höhenmaassstab kann in ebener Gegend 1:100 angewendet werden. Der Längenmaassstab ist horizontal, der Höhenmaassstab vertical auf der Karte anzubringen.

Der Normalhorizont ist womöglich durch N. N. zu legen. Der Anschluss des Nivellements an einen nahen in seiner Höhenlage bekannten Punkt geschieht durch ein besonderes Nivellement, dessen Kosten separirt zu verrechnen sind. Ueber 22,5 km sollten solche Verbindungsnivellements in der Regel nicht ausgedehnt werden. Wo der Anschluss an N. N. nicht zu erreichen, ist ein Fixpunkt zu wählen, der allemal unter der Erdoberfläche zu liegen hat. Ergeben sich zu lange Ordinaten, so kann der Normalhorizont in Abtheilungen von 10^m erhöht werden; die Ordinatenlängen sind aber nach dem unveränderten Normalhorizont einzuschreiben.

Die Nivellementstabellen werden nach nachstehendem Formular eingerichtet; an jedem Ende des Nivellements ist das Zusammenstimmen derselben nachzuweisen. Jedes Nivellement, ob dasselbe ein Längen- oder ein Querprofil betrifft, bildet in der Tabelle einen besonderen Abschnitt.

Digitized by Google

von	bis	Länge	I. Nivellement. Zielhöhe rückwärts	I. Nivellement. Zielhöhe vorwärts	I. Nivellement. Gefälle steigt	I. Nivellement. Gefälle fällt	II. Nivellement. Zielhöhe rückwärts	II. Nivellement. Zielhöhe vorwärts	II. Nivellement. Gefälle steigt	II. Nivellement. Gefälle fällt	Mittleres Gefälle steigt	Mittleres Gefälle fällt	Ordinate über dem Horizont.	Zielhöhe Rechtes Ufer	Zielhöhe Wasserspiegel	Zielhöhe Sohle	Zielhöhe Dämme	Ordin. über dem Horiz. Rechtes Ufer	Ordin. über dem Horiz. Wasserspiegel	Ordin. über dem Horiz. Sohle	Ordin. über dem Horiz. Dämme	Bemerkungen.
Stat.	Stat.	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	

Für alle bestehenden Gewässer, deren beide Ufer nivellirt werden, soll die Haupt-Nivellementslinie am linken Ufer laufen und das rechte Ufer punktirt dargestellt werden; bei Durchstich- und Deichprojecten folgt der Nivellementszug möglichst der Durchstichs- beziehungsweise der Deichlinie. Das Nivellement muss an natürliche und zugleich an möglichst viele Fixpunkte (gewöhnlich alle 1000^{m} 1 Mal) angebunden und die Höhenlage aller wichtigeren Punkte der Gegend darin angegeben werden. — Die Terrainbeschaffenheit ist mit einem hellen, schmalen Farbenstrich zu charakterisiren. Der bestehende Zustand ist schwarz, das Wasser nebst den zugehörigen Zahlen blau, das Project roth, die Aufträge sind hellroth, die Abträge hellgrau anzugeben.

Die Zahlen der Terrainordinaten sind links, die des Projects rechts von den Ordinaten einzuschreiben. Die Zahlen des Terrains, der Sohle, der Deichkrone, des Wasserspiegels stehen, jede Art für sich, auf einer besonderen Höhe oder Linie, darunter, parallel mit dem Horizont, die Feldmark- etc. Namen.

Vor Beginn des Nivellements für einen Wasserlauf mit erheblich wechselndem Spiegel sind in den Hauptstationen — etwa von 1000 zu 1000^{m} — sowie oberhalb und unterhalb fester Brücken und Wehre oder an sonst wichtigen Zwischenpunkten Interimspegel zu setzen, deren Höhenlage nebst dem Wasserstande zur Zeit der Aufstellung später i die Nivellementstabelle einzutragen ist. — Zur Ermittelung eines normirten Wasserstandes sind sämmtliche Interimspegel beim Beharrungszustand gleichzeitig zu beobachten und dient der so ermittelte Wasserstand als Basis für die Berechnung der Ordinaten des Wasserspiegels.

Zwischenpunkte zwischen den Stationspunkten sind durch Einschreiben ihres Abstandes vom vorhergehenden Stationspunkt fest zu legen. Die Ordinaten von 1000 zu 1000^{m} werden mit stärkerer Schrift als die übrigen eingeschrieben. Correspondirende Situations- und Nivellementspläne sind womöglich auf ein und demselben Blatt übereinander zu stellen.

Die Uebersichtskarte soll in der Regel den Maassstab 1:10000 erhalten. Gewöhnlich genügt schon eine Copie der Originalaufnahmen des Generalstabs im Maassstab 1:25000. Bei ausgedehnten Meliorationen dient die Uebersichtskarte als Projectionskarte für die Hauptanlagen. Wenn die Grösse der Uebersichtskarte das früher angegebene Maass überschreitet, ist eine Zerlegung in Sectionen vorzunehmen und ausserdem eine kleinere Uebersichtskarte in 1 Blatt im Maassstab 1:50000 zu fertigen, auf welcher womöglich zugleich auch das Uebersichtsnivellement darzustellen ist.

Bei solchen Meliorationen, bei welchen es auf die Bestimmung der Menge des abzuführenden Wassers ankommt, ist eine aus den Landkarten zusammenzustellende Karte beizugeben, die das Wasser-Sammel- oder Abdachungsgebiet enthält. Dieselbe soll von den höchsten Quellenlagen bis zur nächst unterhalb liegenden Flussmündung reichen und die bekannten Höhenangaben über Meeresspiegel, über die Wasserbauwerke und die ungefähre Flächenangabe des Abdachungsgebietes enthalten.

Das Uebersichtsnivellement erhält in der Regel den Längenmaassstab von 1:50,000 und den für die Nivellementspläne vorgeschriebenen Höhenmaassstab. Die Ordinaten der Hauptstationen, welche in Entfernungen von je 5000^{m} anzunehmen sind, werden stärker ausgezogen als die übrigen.

Digitized by Google

Meliorationsplan. Der Kostenanschlag zerfällt gewöhnlich in folgende Titel: I. Grunderwerb und Nutzungsentschädigung; II. Erd- und Rodungsarbeiten; III. Befestigung der Ufer, Böschungen und Sohlen; IV. Wasserbauwerke, Schleusen, Siele, Wehre, Brücken, Fähren etc.; V. Gebäude und deren Translocation; VI. Grenz- und Nummersteine, Festpunkte, Markpfähle, Sohlschwellen etc.; VII. Geräthe, Maschinen, Instrumente; VIII. Bauleitung, Katastrirung und Verwaltung; IX. Insgemein. — Wo mehrere Bauwerke von ähnlicher Einrichtung etc. vorkommen, ist nur eines speciell zu veranschlagen und sind die Kosten der übrigen schätzungsweise zu ermitteln. Bei grösseren Meliorationen können die Vorarbeiten selten so speciell gemacht werden, dass die Accordirung der Erdarbeiten unmittelbar hierauf gegründet werden könnte. Die speciellen Arbeiten sind während und vor der Bauausführung im Anschluss an die Specialkarten etc. noch besonders auszufertigen.

Bezahlung der Vorarbeiten. a) Copiren der Karten: Wenn bei den im §. 43 des Feldmesserreglements vom 2. März 1871 bestimmten Sätzen bei Copien nach demselben Maassstab: für 0,1 qm der wirklich bezeichneten, beschriebenen und mit Farben angelegten Fläche beim Maassstab von 1:2500 der Lohn von 3 Mark 25 Pf., bei 1:3000: 3 Mark 50 Pf., 1:4000: 4 Mark 25 Pf., 1:5000: 5 Mark 25 Pf. für die Arbeitsleistung nicht zu erreichen ist, so können je nach den vorhandenen Schwierigkeiten des Zusammentragens mehrerer Karten zu einer, der Eintrag der Bauwerke etc., diese Sätze bis 50% erhöht werden.

b) Bei Verkleinerung oder Vergrösserung von Karten können die Sätze des Feldmesserreglements unter Umständen um 100% erhöht werden, oder es müssen solche Karten nach Diätensätzen angefertigt werden.

c) Für Nivellements sind in der Regel bei Stationen von je 50m Länge (selbstverständlich mit zugehörenden Zwischenstationen) folgende Sätze für je 100m Länge zu vereinbaren

1.	Wenn nur eine Linie incl. Fixpunkte und Wasserspiegel nivellirt wird	— Mk.	80 Pf.
2.	Wenn ausser derselben noch ein Graben oder Bach mit seiner Sohle nivellirt wird	1 «	10 «
3.	Wenn beide Ufer in derselben Art mit dem dazwischen liegenden Graben oder Bache nivellirt werden	1 «	30 «
4.	Wenn ein Ufer nebst einem breiten Fluss oder Strom ebenso nivellirt werden	1 «	40 «
5.	Wenn beide Ufer nebst einem breiten Fluss incl. Fixpunkt und Wasserspiegel nivellirt werden . . .	1 «	65 «
6.	Soll ausserdem noch die Krone eines daneben liegenden Deiches nivellirt werden, dafür besonders .	— «	20 «
7.	In sehr gebirgigem, waldigem oder sumpfigem Boden kann nach Maassgabe der Schwierigkeiten zu vorstehenden Sätzen noch eine Zulage hinzukommen von	— «	40 «

d) Bei Stationirungen über 50m Länge sind die Sätze um 20%, bei einem blossen Anschlussnivellement um 40% zu ermässigen.

e) Auslagen für Hilfsarbeiter auf dem Felde, Botengänge, Peilungen, Zeichenpapier, Messpfähle etc. werden nach §§. 52 und 54 des Feldmesserreglements liquidirt und vergütet.

Für die vorstehende Bezahlung sind die Nivellementsprofile nebst Tabellen und Beschreibung in einem Exemplar zu liefern, die Nivellementslinien in die Situationskarten einzutragen oder durch eine Skizze derselben zu ersetzen, so wie die gewöhnlichen Grabenprofile und Bauwerke neben den Nivellementslinien aufzunehmen und aufzutragen.

In besonders schwierigen Fällen kann die Anfertigung des Nivellements grosser Flussprofile und der Kartencopien von den leitenden Behörden nach zuvor festgesetzten Diäten genehmigt werden.

Die vorstehenden Vorschriften können bei den grossen Verschiedenheiten der betreffenden Verhältnisse nicht als bindende Regel gelten, vielmehr nur als Leitfaden für die Behörden und Beamten, und bleibt ein Abweichen aus sachlichen Gründen gestattet, das aber dann in dem Erläuterungsbericht zu motiviren ist.

Bei kleinen Anlagen innerhalb einer Feldflur genügt eine Copie der vorhandenen Flur- oder Katasterkarte. Bestehende Gewässer sind darin blau, projektirte Zuleitungsgräben roth, projektirte Ableitungsgräben violett einzutragen.

Digitized by Google

XIII. Strassenbau.*)

Bearbeitet von Professor Loewe in München.

Maasse und Gewichte der Strassenfuhrwerke.

Durch Rechnungen und Versuche über die Bewegungswiderstände lässt sich die Nützlichkeit grosser Räder allgemein darthun, die zweckmässige Grösse derselben ist jedoch nur erfahrungsgemäss festzustellen. Die Vorderräder eines Wagens werden kleiner wie die Hinterräder ausgeführt mit Rücksicht auf die Beweglichkeit des Vordergestells und um eine günstige Richtung der Zugstränge zu erzielen. Die vorkommenden Grössen der Räder wechseln mit der Art der Fahrzeuge und stimmen häufig nicht mit der im besonderen Falle zweckmässigen Grösse überein. Als Raddurchmesser kann man ungefähr festhalten

	Vorderräder	Hinterräder
bei gewöhnlichem Land- und Frachtfuhrwerk	0,90—1,4	1,1—1,5^{m}
bei Kutschen, Omnibusen u. dergl.	0,85—1,0	1,1—1,4^{m}
bei Brücken- und Möbelwagen	0,75	0,90^{m}

Emmery hat in seiner Denkschrift über die Grundlagen zu einer neuen Strassen-Gesetzgebung (Ann. d. p. et ch. 1841) folgende Durchmesser für Frachtfuhrwerke festgehalten:

Zweiräderige Karren	$2r =$	1,667	1,833	1,999	2,155^{m}
Vierräderige Wagen	Vorderräder	1,0	1,167	1,333	1,50^{m}
	Hinterräder	1,667	1,833	2,0	2,155^{m}

Die Spurweite der Fahrzeuge (gegenseitiger Abstand der inneren Radreifenkanten zweier zusammengehöriger Räder) ist verschieden gross je nach Art derselben und der Gegend, bei Wagen ist sie in der Regel an beiden Achsen gleich, öfters wird sie gesetzlich festgelegt. In Süddeutschland bewegt sie sich bei Landfuhrwerken, Kutschen und Brückenwagen öfters zwischen 1,1 und 1,25^{m}, Möbelwagen haben meist grössere Spurweiten. In Norddeutschland ist das Spurmass meistens grösser; in Preussen war der Abstand der Radreifen von Mitte zu Mitte zu 1,52^{m} bestimmt, noch grössere Masse kommen bei Fahrzeugen für den schweren Frachtenverkehr, z. B. in Hafenplätzen, vor.

Die Breite des Radkranzes, der Felgen, war seit alter Zeit Gegenstand der Gesetzgebung. Den älteren Bestimmungen darüber lag der Gedanke zu Grunde, dass sich der Raddruck stets gleichmässig über den Kranz vertheile, dass dessen Breite proportional mit der Belastung wachsen müsse und dass bedeutende Felgenbreiten unbedingt angestrebt werden sollten. Dieser Gedanke ist nur unter gewissen Beschränkungen zutreffend, jedenfalls sind die erwähnten weitgehenden Folgerungen unzulässig. Eine Klärung der Anschauungen haben die Versuche von Morin, Dupuit und Emmery bewirkt, welche unter Anderem zeigten, dass zwar bei pressbarem Untergrund, z. B. auf Erdwegen, sehr grosse Felgenbreiten am Platze sind, dass aber bei befestigten Bahnen die Vergrösserung der Felgenbreite über ein gewisses Maass hinaus sogar schädlich wirke, wenn die Belastung dementsprechend gross genommen werde, indem der Druck sich dann nicht mehr gleichmässig verteile. Die meisten der noch in Kraft stehenden Gesetze aus früheren Jahrzehnten passen nicht mehr für die seitdem veränderten Verkehrsverhältnisse der Landstrassen und ihrer jetzigen Bauweise, abgesehen davon, dass ihre Durchführung mancherlei Schwierigkeiten begegnet. Man strebt daher neuerdings Aenderungen derselben an.

Die wirklichen Felgenbreiten wechseln vielfach; bei gewöhnlichen Lastwagen werden sie kaum unter 8^{cm} heruntergehen, 12^{cm} dürfte im Allgemeinen als ausreichendes Grössenmaass gelten, wobei auch bei den grössten normalmässigen Wagengewichten etwa 160 kg für das cm Felgenbreite nicht überschritten wird. Ungewöhnliche und dann meist untheilbare Lasten werden die Strasse immer ungebührlich anstrengen.

Der Achsenstand beträgt bei Personenfuhrwerk 1,5—2,25^{m}, bei Land- und Frachtfuhrwerk, sowie Möbelwagen 2,0—4,0^{m}, bei Langholzfuhrwerk $^{2}/_{3}$ der Stammlänge; als Länge des ganzen Fahrzeuges ohne Deichsel möchte gelten für Personenwagen 2,5—4,0, für Landfuhrwerk 2,5—5,0^{m}. für Brücken- und Möbelwagen 4,0—8,0^{m}, Langholzfuhrwerk die

*) Näheres siehe: Loewe, Strassenbaukunde, Wiesbaden 1895.

Digitized by Google

Stammlänge. Zu diesen Maassen käme für die Deichsel noch 3—5^{m} und für jedes folgende Pferdepaar etwa 4,0^{m}. Die Breite eines Personen- und beladenen Frachtwagens beträgt ungefähr 1,5—2,5^{m}; Möbelwagen haben eine Breite bis etwa 2,5^{m}, bei Erntewagen geht dieselbe bis 3,5^{m}. Als grösste Höhe von Fracht- und Erntewagen kann man 4,0—4,5^{m} annehmen.

Das Eigengewicht beträgt bei zweispännigem gewöhnlichem Landfuhrwerk 600—900 kg, bei zweispännigem Frachtfuhrwerk 1200 bis 2000 kg, bei vierspännigen Möbelwagen etwa 2500 kg, die Nutzlast bezw. 2000—2500 kg, 3500—5000 kg und 5000—6000 kg. Das Gesammtgewicht beladener Wagen erreicht selten 8000 kg. Für den Transport besonders grosser, untheilbarer Lasten ist fast überall besondere Genehmigung nachzusuchen.

Wegen der Maasse und Gewichte von Strassenwalzen siehe daselbst, und wegen der Belastung von Strassenbrücken unter Brückenbau.

Unterhaltung von Fuhrwerken und Pferden.

Im Jahre 1865 nahm Léon Malo die jährlichen Unterhaltungskosten aller damals in Paris vorhandenen Wagen durchschnittlich zu 240 Mk. die eines Pferdes ohne Hufbeschlag zu 96 Mk. an.

Für Berlin erhob Weise Anfang der siebziger Jahre die jährlichen Unterhaltungskosten des Personenfuhrwerks zu 180, des Lastfuhrwerks zu 210 Mk., für Verschleiss der Wagen setzte er unter Voraussetzung 10jähriger Dauer für das Jahr 120 Mk. an; für Verschleiss der Zugthiere wurde für den Pferdekopf jährlich 120 Mk. und an Hufbeschlagskosten 60 Mk. angesetzt.

Einige Jahre später sind nach einem Berichte Gottheiner's neuerdings eingehendere Erhebungen in Berlin angestellt worden. Demnach waren damals für die jährliche Unterhaltung der Personen- und Lastfuhrwerke 193, bezw. 120 Mk. im Durchsshnitt und als Verschleiss derselben 170 bezw. 75 Mk., zusammen also 363 bezw. 195 Mk. anzusetzen. Bezüglich der Pferde ergab sich mit Berücksichtigung des Werthes der ausgenutzten Thiere und unter Festhaltung einer Dauer derselben bis zu 7 Jahren ein Verschleiss im Jahre von 125 und 120 Mk., je nachdem dieselben an Personen- oder Lastwagen verwendet wurden, und die Hufbeschlagskosten stellten sich auf durchschnittlich 66 bezw. 50 Mk.

Bewegungs-Widerstände.

Bei der Bewegung gewöhnlicher Strassenfuhrwerke kommen hauptsächlich zwei Widerstände in Betracht, die Zapfenreibung in den Radnaben und die sogenannte rollende Reibung am Umfang der Räder; der Luftwiderstand wird bei der mässigen Geschwindigkeit der Landstrassenfuhrwerke vernachlässigt.

Die Grösse der Zapfenreibung an einem Achsschenkel berechnet sich aus der Gleichung

$$W_1 = \frac{r_1}{r} \cdot \mu' \cdot R$$

worin R das gesammte, auf dem Achsschenkel ruhende Gewicht, r den Halbmesser des Rades und r_1 jenen der Nabe bezw. des Achsschenkels, auf dessen Mitte bezogen, endlich μ' die Reibungsziffer für Reibung zwischen Nabe und Achse bedeutet. Im Allgemeinen kann man bei Ueberschlagsrechnungen für Lastwagen $r_1 = 0{,}03^{m}$ und für die Reibung am Achsschenkel $\mu' = 0{,}07$ annehmen.

Der Widerstand der rollenden Reibung ist sehr verschiedener Art, je nach der Beschaffenheit der Strasse und er setzt sich in der Regel aus mehreren, dem Wesen nach nicht übereinstimmenden Theilen zusammen; von einer scharfen Berechnung kann deshalb keine Rede sein.

Wenn man mit Gerstner das Rad auf einer weichen, knetbaren Unterlage sich denkt, in welche dasselbe eine Furche eindrückt, so gelangt man zu folgendem Ausdruck der rollenden Reibung

$$W_2 = \frac{3}{8} \sqrt[3]{\frac{3}{\varepsilon}} \cdot \sqrt[3]{\frac{R^4}{br^2}}$$

worin R und r dieselben Grössen wie in der Gleichung für W_1, und b die Breite des Radkranzes, ε aber eine von der Beschaffenheit der Bahn abhängige Erfahrungszahl bedeutet.

Digitized by Google

Ein anderer, gewöhnlich nach Dupuit benannter Ausdruck für die rollende Reibung lautet

$$W_2 = \sqrt{2h} \cdot \frac{R}{\sqrt{r}}$$

Derselbe ergibt sich unter der Voraussetzung, dass das Rad fortwährend über kleine Erhöhungen (von der Höhe h) der Strassenoberfläche gehoben werden muss.

Während hiernach die rollende Reibung umgekehrt proportinoal der Quadratwurzel aus dem Raddurchmesser gefunden wird, nehmen manche Ingenieure mit Morin an, die rollende Reibung sei umgekehrt proportional der ersten Potenz von r.

In ähnlicher Weise lassen sich Ausdrücke für den Kraftverlust beim Stoss des Rades gegen ein Hinderniss oder beim Rollen desselben über eine gepflasterte Fahrbahn aufstellen, bei welchen allen der Halbmesser r des Rades oder eine Potenz desselben im Nenner des Ausdruckes erscheint, so dass stets der Vortheil grosser Räder erkannt werden kann. Auch steht nun fest, dass ein Ausdruck für die Gesammtheit der Widerstände, welche man rollende Reibung nennt, die Form $W_2 = R \cdot \varphi$ haben mag, wobei φ eine Funktion aller Einfluss nehmenden Grössen ist, worin insbesondere auch r in solcher Verbindung erscheinen muss, dass W_2 mit wachsendem r abnimmt.

Die Summe der Bewegungswiderstände, welche ein vierräderiger Lastwagen auf wagrechter Bahn verursacht, berechnet sich aus

$$W = \left(\frac{r_1}{r}\mu' + \varphi\right) Q = \mu Q$$

Q das Gewicht des Wagens sammt Ladung und μ die Widerstandsziffer im Ganzen, wie sie durch Versuche gewöhnlich erhoben wird.

Auf steigender Bahn, deren Neigungswinkel mit der Wagrechten α ist, gilt

$$W = Q(\mu + \operatorname{tg}\alpha)$$

Bei Anwendung von Naturkräften ist mit W zugleich die zur Fortschaffung des Wagens erforderliche Zugkraft gefunden; bei Verwendung von Thieren aber ist der Umstand in Rechnung zu bringen, dass deren Leistungsfähigkeit sehr rasch abnimmt mit wachsender Neigung tg α. Betrachtet man zu dem Zweck die zur Bahn parallele Seitenkraft $G \cdot \sin\alpha = G \cdot \operatorname{tg}\alpha$ als einen zu überwindenden Widerstand, so erhält man für die parallel zur Strassenoberfläche gedachte Zugkraft

$$Z = \mu Q + (Q + G) \operatorname{tg}\alpha$$

welcher erforderlich ist, um eine Last Q auf einer um den Winkel α geneigten Strassenbahn bergauf zu schaffen.

Hält man fest, dass das Pferd bei ungefähr $\alpha = 30^0$ keine Zugkraft mehr auszuüben vermag, so erhält man statt des vorstehenden Ausdruckes den folgenden:

$$Z(1 - 2\operatorname{tg}\alpha) = Q(\mu + \operatorname{tg}\alpha)$$

Bezüglich aller Gefällsstrecken eines Strassenzuges endlich nimmt man unter der Voraussetzung, die Fahrzeuge seien mit Bremsvorrichtungen versehen, an, dass dieselben wagerechten Strecken gleich geachtet werden dürfen.

Von den Versuchen zur Feststellung der unter verschiedenen Umständen gültigen Werthe des Widerstandskoëfficienten μ stammen die wichtigsten, von Morin ausgeführten aus den Jahren 1837—1841. Einige hieraus und aus anderen Versuchen abgeleitete Sätze lauten:

Der Widerstand der Bewegung kann für alle Arten von Fuhrwerk direkt proportional der Belastung und umgekehrt proportional dem Radhalbmesser angenommen werden.

Auf Pflaster- und Steinschlagbahnen ist derselbe sehr nahe unabhängig von der Felgenbreite, sobald diese das Maass von 8—10^{cm} erreicht hat, auf pressbarem Boden aber nimmt der Widerstand der Bewegung ab in dem Maasse als die Breite des Radkranzes wächst, und zwar in einem von der Natur der Unterlage abhängigen Verhältnisse.

Der Widerstand ist ferner auf Steinschlag- und Pflasterbahnen bei mässiger Geschwindigkeit (bis zu 1 m/Sek.) unabhängig von dieser und

Digitized by Google

bei in Federn hängenden Wagen ebenso gross als bei solchen ohne Federn. Bei zunehmender Geschwindigkeit aber wächst auch der Widerstand und es tritt der Vortheil der Tragfedern mehr und mehr hervor.

Gleiche Belastung und Radfelgenbreite vorausgesetzt, greifen grosse Räder die Strasse weniger an als kleine, auch wird die Abnutzung im Allgemeinen durch federnde Aufhängung der Radkasten merklich vermindert.

Befestigte Fahrbahnen leiden unter sehr breiten Radfelgen mehr als unter schmäleren, sobald die Belastung jenen proportional bemessen ist. —

Im grossen Durchschnitt können folgende Werthe der Widerstandsziffer μ festgehalten werden

bei Eisenbahngleisen	$\mu = \frac{1}{250} = 0{,}004$
„ Asphaltstrassen	$\frac{1}{100} = 0{,}010$
„ gutem Holzpflaster	$\frac{1}{55} = 0{,}018$
„ sehr ebenem Steinpflaster	$\frac{1}{75} = 0{,}013$
„ gutem Steinpflaster	$\frac{1}{60} = 0{,}017$
„ schlechtem Steinpflaster	$\frac{1}{25} = 0{,}04$
„ sehr guten chaussirten Strassen	$\frac{1}{50} = 0{,}02$
„ guten Chausseen bei gutem Wetter	$\frac{1}{35} = 0{,}03$
„ „ „ „ Regenwetter	$\frac{1}{20} = 0{,}05$
„ trockenem festem Erdweg	$\frac{1}{20} = 0{,}05$
„ frisch aufgeschotterter Bahn oder losem Sand .	$\frac{1}{10} = 0{,}1$
„ schlechtem Erdweg	$\frac{1}{7} = 0{,}15$

Leistung der Zugthiere.

Die Leistungsfähigkeit der Zugthiere wechselt mit der Art derselben, dann aber auch mit ihrem Alter, mit der Pflege, in welcher sie stehen u. dgl. m. Von besonderem Einflusse jedoch, auch unter sonst gleichen Umständen, ist die Zuggeschwindigkeit (v) und die tägliche Arbeitszeit (z). Für jede Art der Leistung gibt es Sonderwerthe $v = c$ und $z = t$, welche der Natur des Thieres am besten zusagen, wobei es eine besonders grosse Zugkraft Z_0 ausübt und einen Grösstbetrag der täglichen Arbeit ($Z_0 . c . t$) leistet. Jede Abweichung von diesen „normalen" Werthen der Grösse Z, v und z hat eine Verminderung der täglichen Gesammtleistung zur Folge, wenn anders das Thier nicht übermässig angestrengt werden soll.

Zur Berechnung der Zugkraft, welche verwerthet werden kann für den Fall, dass das Thier unter anderen als normalen Verhältnissen arbeitet, dienen die sogenannten Kraftformeln, von welchen die von Maschek herrührende

$$Z = Z_0 \left(3 - \frac{v}{c} - \frac{z}{t}\right)$$

am häufigsten im Gebrauche ist. Sie liefert für Werthe von v und z, welche von den mittleren oder normalen Werthen c und t nicht allzu sehr abweichen, ziemlich brauchbare Ergebnisse. Launhardt hat nachgewiesen, dass, wenn man genöthigt ist, von einem der drei mittleren Werthe Z_0, c und t abzuweichen und in Folge dessen der unbedingte Grösstwerth $Z_0 . c . t$ der täglichen Leistung nicht erzielt werden kann, der alsdann noch mögliche Grösstwerth (ein relatives Maximum) unter der Bedingung $\frac{v}{c} = \frac{z}{t}$ erhalten wird, so dass die Maschek'sche

Digitized by Google

Formel in der vereinfachten Form

$$Z = Z_0 \left(3 - 2 \cdot \frac{v}{c}\right) = Z_0 \left(3 - 2 \cdot \frac{z}{t}\right)$$

festgehalten werden kann.

Was die zweckmässigsten Werthe t, c und Z_0 betrifft, so pflegt man für die im Zug arbeitenden Pferde

$t = 8-10$ Stunden und $c = 1{,}1$ m/Sek.

festzuhalten und im grossen Durchschnitt für

leichte Pferde, Eigengewicht G = ungefähr 250 kg, $Z_0 = 60$ kg,
mittelstarke „ „ „ 350 „ „ 75 „
sehr starke „ „ „ 450 „ „ 85 „

anzunehmen, wobei man jedoch den im Tage zurückgelegten Weg im Hinblick auf die erforderlichen Ruhepausen keinesfalls über 30 km anzunehmen pflegt.

Diese Leistungen gelten jedoch nur für das einzelne Thier, sie sinken in dem Maasse, als die Zahl der an einem Wagen zusammengespannten Thiere zunimmt. Gewöhnlich hält man mit Bockelberg folgende Verhältnisszahlen fest:

Einspänner	100	für	das	Hundert		Fünfspänner	73	für	das	Hundert
Zwei „	98	„	„	„		Sechs „	64	„	„	„
Drei „	87	„	„	„		Sieben „	55	„	„	„
Vier „	80	„	„	„		Acht „	49	„	„	„

In der folgenden Tabelle sind die von einem Pferde bei anhaltendem Zuge auf Strassen von verschiedener Steigung und Glätte bergauf zu befördenden Gesammtlasten nach der Gleichung

$$Q = \frac{Z_0 - G \cdot \operatorname{tg} \alpha}{\mu + \operatorname{tg} \alpha}$$

zusammengestellt. Pferdegewicht G = 350 kg, $Z_0 = 75$ kg, c = 1,1 m Sek. t = 8 St.

Steigung		Der Strassenbahn Widerstandsziffer μ								
tg α	%	1/150	1/100	1/75	1/50	1/40	1/30	1/20	1/10	1/7
0	0	11250	7500	5625	3750	3000	2250	1500	750	**525**
1/200	0,5	6279	4883	3995	2930	2442	1911	1332	698	495
1/100	1	4290	3575	3064	2383	2043	1650	1192	650	468
1/50	2	2550	2267	2040	1700	1511	1275	971	**567**	418
1/33,3	3	1759	1613	1488	1290	1173	1018	806	496	373
1/25	4	1307	1220	1144	1017	938	832	678	436	334
1/20	5	1015	958	908	821	767	690	**575**	383	298
1/16,6	6	810	771	736	675	635	**579**	491	338	266
1/14,3	7	659	631	606	**561**	**532**	489	421	297	237
1/12,5	8	**542**	**522**	**504**	470	448	415	362	261	211

Die fett gedruckten Zahlen geben für jeden Werth von μ die Grenze an, bis zu welcher die Steigung der betreffenden Strasse nicht anwachsen darf, wenn noch eine Nutzlast befördert werden soll, vorausgesetzt, dass das Eigengewicht des Wagens für den Pferdekopf 500 kg beträgt.

Ebenso ist aus der nächsten Tabelle der Einfluss der Fahrgeschwindigkeit zu ersehen, wenn sich dasselbe Pferd auf Steinschlagbahnen verschiedener Steigung, jedoch von gleicher Oberflächenbeschaffenheit $\mu = \frac{1}{40}$ bewegt.

Es ist jedoch besonders daran zu erinnern, dass die berechneten Leistungen sich auf anhaltenden Zug während 8 Tagesstunden beziehen und dass auf viel stärkere Leistungen während kürzerer Zeit gerechnet werden darf, wenn die Zugthiere hernach auf schwächer geneigten Strecken oder durch Stillstehen sich wieder ausruhen und Kräfte sammeln können. Siehe deshalb: Aufriss der Landstrassen.

Digitized by Google

Strassen-Steigung	Fahrgeschwindigkeit in Meter für die Sekunde.							
	0,75		1,0		1,25		1,5	
%	Gesammtl. kg	Nutzl. kg	Gesammtl. kg	Nutzl. kg	Gesammtl. kg	Nutzl. kg	Gesammtl. kg	Nutzl. kg
0	3960	3460	3280	2780	2600	2100	1920	1420
0,5	3242	2742	2675	2175	2108	1608	1542	1042
1	2729	2229	2243	1743	1757	1257	1271	771
2	2044	1544	1667	1167	1289	789	911	411
3	1609	1109	1300	800	991	491	682	182
4	1308	808	1046	546	785	285	523	23
5	1087	587	860	360	633	133	407	—
6	918	418	718	218	518	18	318	—
7	784	284	605	105	426	—	247	—
8	676	176	514	14	352	—	190	—
9	587	87	439	—	291	—	143	—
10	512	12	376	—	240	—	104	—

Auf guten chaussirten Strassen im Hügellande beträgt die Nutzladung eines zweispännigen, von mittelstarken Pferden gezogenen Fuhrwerks, 8stündige Arbeitszeit vorausgesetzt, etwa 40 Ctr. = 2000 kg, auf nicht chaussirten Wegen etwa 20—30 Ctr. = 1000—1500 kg, auf gleichen Strassen im Flachlande 3500 kg. Bockelberg berichtet, dass die zwischen Bremen und Hannover verkehrenden Fuhrleute unter dem Drucke der neu erbauten Eisenbahn 4600 kg auf den Zweispänner luden. Dabei war eine Pflasterstrecke von etwa ½ km Länge zu passiren, welche am Fusse auf kurzer Strecke 5% sonst aber auf dem grösseren Theil ihrer Länge 3,1% Steigung besass. Diese Strecke wurde von solchen Wagen bei günstiger Witterung eben noch ohne Vorspann erklommen, wenn die Pferde sehr kräftig und noch nicht ermüdet waren.

Grundsätze und Regeln für die Linienführung der Landstrassen.

Die Linienführung nach Verkehrsgesichtspunkten (commercielle Tracirung) erfolgt zunächst mit Ausserachtlassung der wirklichen Bodenbeschaffenheit und unter Voraussetzung eines wagrechten und ganz gleichartigen Baugrundes lediglich mit Rücksicht auf die Verkehrsverhältnisse. Siehe deshalb Launhardt, Theorie des Tracirens, Heft 1, Die commercielle Tracirung, 2. Aufl. 1887.

Aus der so gefundenen Linie würde sich die technische Linie durch Abänderungen ergeben, wie sie durch die wirklichen Bodenverhältnisse bedingt werden. Rücksichten technischer Art sind jedoch in der Regel ausschlaggebend für den projektirenden Ingenieur, sie beziehen sich auf den Grundriss, Aufriss und Querschnitt der Strasse.

Grundriss (Horizontalprojektion) der Landstrassen.

Vor Allem ist die Strassenlinie zwischen zwei gegebenen wichtigeren Punkten nicht unnöthig lang zu gestalten, also möglichst direkt zu führen.

Dabei ist darauf zu sehen, dass der Bestand der Strasse möglichst sichergestellt erscheint. Es sind also alle Bodenstellen zu vermeiden, an welchen Rutschungen befürchtet werden müssten; gefährlich in dieser Beziehung sind namentlich Einschnitte in lehmigen Erdschichten, welche von Quellen stark durchsetzt sind, oder in felsigen Schichten mit ungünstigen Neigungsverhältnissen oder Anschnitte von Schuttkegeln im Hochgebirge. Andere Gefahren drohen den Thalstrassen im Hochgebirg durch Erd- und Schneelawinen, den Hochstrassen im Gebirg und Hügelland und den Strassen im Flachlande durch Schneewehen; gegen erstere dienen, wenn die gefährlichen Stellen nicht vermieden werden können, Schutzdächer und Gallerien, wegen Schneewehungen sind lange seichte Einschnitte zu vermeiden und Zäune anzulegen.

Eine andere Forderung bezieht sich auf die trockene Lage der Strasse und ihre Entwässerung. Durchnässte Bodenstellen sind

Digitized by Google

thunlich zu vermeiden oder wenigstens vorher zu entwässern. Moorboden wird zuweilen ausgeschachtet oder es werden Rostunterlagen ausgeführt.

Dort, wo wegen zu geringer Höhenlage der Strassenoberfläche über dem Boden der Oberbau nicht ausreichend entwässert wäre, müssen Gräben angelegt werden; das in ihnen sich sammelnde Wasser aber soll nicht zu lange in denselben belassen, sondern an geeigneten Stellen in das umliegende Gelände oder nach Wasserläufen abgeleitet werden. Die Lage der Strasse an den der Einwirkung von Sonne und Wind ausgesetzten Hängen ist erwünscht. Innerhalb der Wälder sind zu beiden Seiten der Strasse genügend breite Streifen auszulichten. Am sichersten ist es, wenn die Strasse ausserhalb des Bereiches von Flüssen und Seen angelegt werden kann, mindestens soll ihre Oberfläche etwa $0{,}50^{m}$ über Hochwasser liegen; Ausnahmen hiervon sind nur unter aussergewöhnlichen Umständen oder bei untergeordneten Strassen zulässig.

Der kleinste Krümmungshalbmesser für die gekrümmten Strassenstrecken ist von der Art und den Abmessungen der Strassenfuhrwerke abhängig; die Vermehrung der Bewegungswiderstände in Folge der Krümmung kommt nicht in Betracht, nur der Kraftverlust in Folge schiefer Lage der Zugstränge gegen die Wagenlängsachse muss unter Umständen Berücksichtigung finden.

Die Bewegung der Strassenfuhrwerke in bogenförmigen Strecken wird dadurch ermöglicht, dass die Achsen derselben unter einem spitzen Winkel gegen einander eingestellt werden. Bei gewöhnlichen Wagen wird diese Einstellung erzielt, indem man lediglich die Vorderachse um einen Winkel α aus ihrer ursprünglichen Lage dreht; je kleiner dieser Winkel ist, desto flacher sind die Bögen, nach welchem sich die Räder bewegen. Für den Weg des inneren Hinterrades ergibt sich $r_i = l \cdot \operatorname{cotg} \alpha - s$, für den des äusseren Vorderrades

$$r_a' = \frac{l}{\sin \alpha} + s$$

und als Halbmesser des von der Deichselspitze beschriebenen Kreises

$$r_a'' = \sqrt{d^2 + \frac{l^2}{\sin^2 \alpha}}$$

wenn l den Achsenstand des Wagens, d die Deichsellänge, von der Vorderachse an gemessen, 2 s die Spurweite und α den Drehwinkel der Vorderachse bedeutet. Heisst endlich 2p die Breite des von einem Pferdepaar eingenommenen Raumes, so kann man als Halbmesser des vom linkseitigen Pferd beanspruchten Randes $r_a = r_a'' + p$ setzen, und die Breite b des Fahrbahnstreifens, innerhalb welchem die Räder des Wagens und zwei davor gespannte Pferde sich bewegen, ist aus $b = r_a - r_i$ zu berechnen.

Der Zusammenhang zwischen Drehwinkel α und Breite b ist aus der nachstehenden Tabelle zu ersehen. Dabei ist $l = 3{,}0^{m}$, $d = 4{,}0$, $2s = 1{,}2$ und die Breite des von den Pferden eingenommenen Raumes $2p = 2{,}0^{m}$ angenommen.

Halbmesser		Drehwinkel	Bahnbreite		$\frac{r_i + r_a}{2}$	
r_i	r_a	α	$b = r_a - r_i$	$b + 0{,}4$		
5,0	8,51	28° 11,00′	3,51	3,91	6,75	r_i = Halbmesser des vom inneren Hinterrad beschriebenen Kreises. r_a = Halbmesser des Kreises, welcher den von den Pferden beschriebenen Weg nach aussen begrenzt.
6,0	9,28	24 26,75	3,28	3,68	7,64	
7,0	10,10	21 32,5	3,10	3,50	8,55	
8,0	10,95	19 13,75	2,95	3,35	9,47	
9,0	11,83	17 21,25	2,83	3,23	10,41	
10,0	12,72	15 48,25	2,72	3,12	11,36	
20,0	22,20	8 17,25	2,20	2,60	21,10	
30,0	32,00	5 36,0	2,00	2,40	31,00	

Digitized by Google

Die längsten, auf einer Strecke verkehrenden Fahrzeuge sind diejenigen, welche zur Beförderung von Baumstämmen dienen, indem ihr Achsenstand etwa 2/3 der Stammlänge beträgt. Für solche Fuhrwerke muss man, um den kleinsten Halbmesser nicht zu bedeutend zu erhalten, nicht nur die Vorder-, sondern auch die Hinterachse nach Fig. 41 um

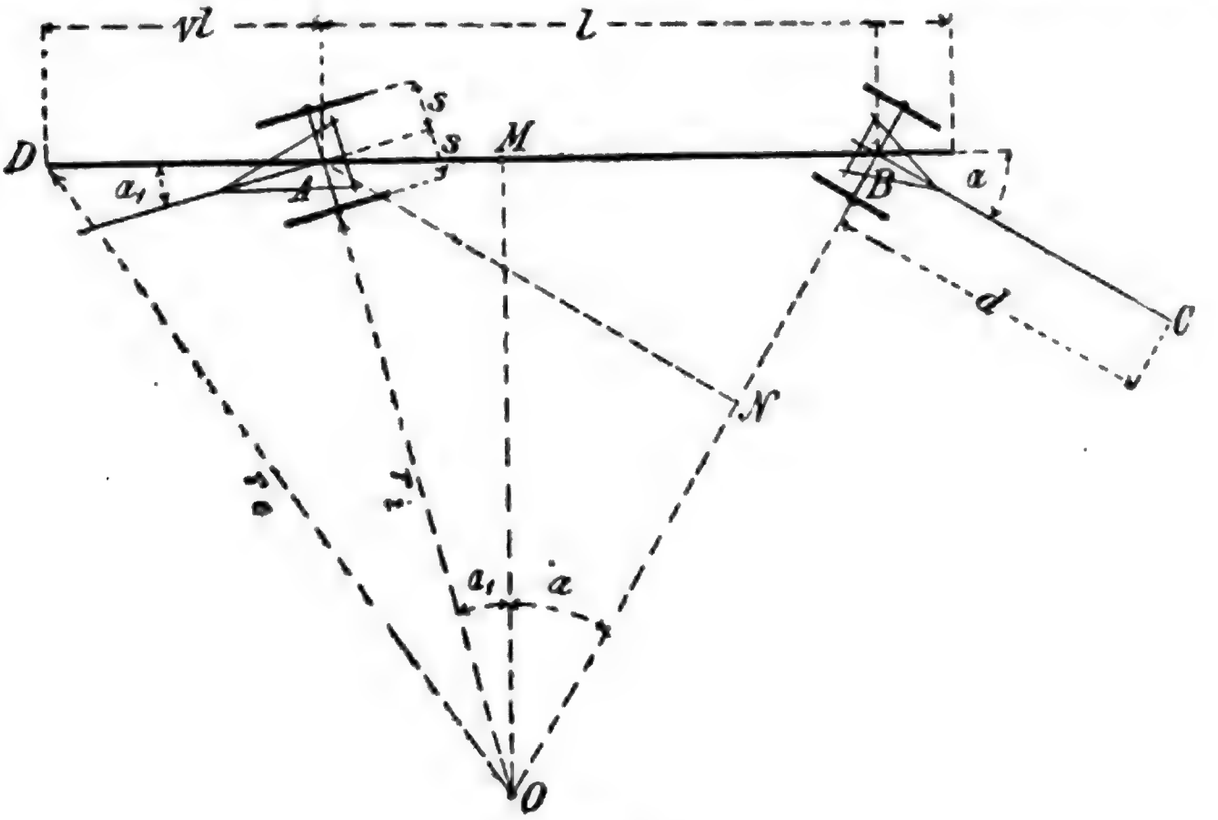


Fig. 41.

einen Winkel abdrehen. Es berechnet sich dann der Halbmesser des vom inneren Hinterrade beschriebenen Kreises zu

$$r_i = \frac{l \cos \alpha}{\sin (\alpha + \alpha_1)} - s$$

und der für das Stammende zu

$$r_a = \sqrt{(r_i + s)^2 + \nu^2 l^2 + 2 \nu l (r_i + s) \sin \alpha_1}$$

Die Pferde bewegen sich in der Regel in kleineren Bögen als das Stammende.

Zur Berechnung der theoretischen Breite innerhalb der Strassenkrümmung müsste nur bekannt sein, ob der äussere Rand der Fahrbahn oder der Strassenrand durch das Stammende beschrieben werden soll, oder ob die Stämme noch über den Strassenrand hinausreichen dürfen.

Im letzteren Falle, wenn weder Brüstungen noch Einschnittsböschungen hinderlich im Wege stehen, würde das äussere Vorderrad bezw. das äussere Pferd und das innere Hinterrad die rechnungsmässige Fahrbahnbreite festlegen. Man hätte für r_i den vorstehend angegebenen Werth und als Halbmesser des vom äusseren Vorderrad beschriebenen Kreisbogens

$$r_a' = l \cdot \frac{\cos \alpha_1}{\sin (\alpha + \alpha_1)} + s$$

und als Breite

$$b = r_a' - r_i$$

Zu untersuchen wäre allerdings noch, ob nicht der Punkt M (Fig. 41) maassgebend für den inneren Strassenrand sein muss. Hierzu dient entweder die Gleichung

$$OM = (r_i + s) \cos \alpha_1$$

oder die Herstellung einer Zeichnung in richtigem Maassstabe. Ueberhaupt empfiehlt sich die Zeichnung zur Lösung der einschlägigen Aufgabe vor der Rechnung.

Als Drehwinkel α oder α_1 ist im Durchschnitt etwa 30° festzuhalten. Für den Achsenstand l kann man etwa 2/3 der Stammlänge und für $\nu l = 1/4$ der Stammlänge annehmen, doch kommen auch andere Verhältnisse vor. Die Stammlänge von Laubhölzern geht ungefähr bis 15m, die der Nadelhölzer bis höchstens 30m. Der berechneten Fahrbahnbreite sind selbstverständlich beiderseits noch einige Decimeter zuzuschlagen.

Eine Begegnung des Langholzfuhrwerkes mit einem gewöhnlichen Lastwagen wird gewöhnlich nicht in Aussicht genommen. Wollte man eine solche ermöglichen, so genügte es, an der Innenseite des berechneten Streifens einen solchen von 2,5m Breite zuzusetzen.

Bei allen bisherigen Betrachtungen über den kleinsten Krümmungshalbmesser wurde nur die Bewegung des Fahrzeugs innerhalb der Curve ins Auge gefasst, es fragt sich aber, ob dasselbe auch den erforderlichen Raum zur Einfahrt in die gekrümmte Strecke findet. Für einen gewöhnlichen Lastwagen und eine eingleisige Strasse würde man genügende Maasse nach Fig. 42 finden, nämlich

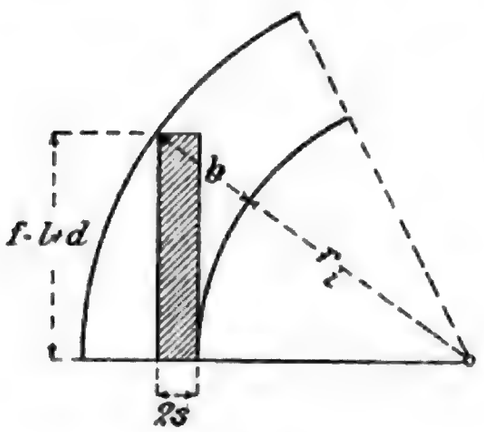


Fig. 42.

$$r_i = \frac{f^2 + (2s)^2 - b^2}{2(b - 2s)}$$

In gleicher Weise fände sich der Achsenhalbmesser. r_0 für eine doppelspurige Fahrbahn, wenn man das in Fig. 42 schraffirte Rechteck an den Achsenkreis berührend anlegt, zu

$$r_0 = \frac{4f^2 + 4(2s)^2 - b^2}{4(b - 2 : 2s)}$$

Beim Langholzfuhrwerk sind besondere Untersuchungen über die Einfahrt in die Curven anzustellen, worauf jedoch hier nicht näher eingegangen werden kann.

Die folgenden Tabellen sind von Rheinhard durch Aufnahme ausgeführter Wendeplatten auf empirischem Wege ermittelt worden, wobei vorausgesetzt ist, dass beide Wagenachsen eingedreht werden und dass 2/3 der Stammlänge sich zwischen den Wagengestellen befinden.

A. Für Einschnitte.

Innerer Halbmesser m		5,0	7,5	10,0	12,5	15,0	17,5	20,0	25,0
Stammlänge	Kleinste Wegbreite in m								
= 15,0		6,5	5,3	5,0	—	—	—	—	—
= 17,5		7,0	5,8	5,2	5,0	—	—	—	—
= 20,0		8,5	7,3	6,2	5,5	5,0	—	—	—
= 25,0		11,0	9,8	8,2	7,0	6,0	5,5	5,5	—
= 30,0		13,5	11,0	9,5	8,5	7,5	6,5	5,5	5,5

B. Für Auffüllungen.

Innerer Halbmesser m		5,0	7,5	10,0	12,5	15,0	17,5
Stammlänge	Kleinste Wegbreite in m						
15,0		5,5	5,0	—	—	—	—
17,5		6,0	5,5	5,0	—	—	—
— 20,0		7,0	6,3	5,2	—	—	—
— 25,0		8,5	7,0	6,0	5,3	5,0	—
— 30,0		11,0	9,0	7,2	6,2	5,5	5,0

Aufriss (Vertikalprojektion) der Landstrassen.

Auf Steinschlag- und Pflasterbahnen beanspruchen die Lastwagen bei Gefällen von 2,5 bis 3,0% noch keine schärfere Bremsung und die Geschwindigkeit, welche das abfliessende Niederschlagswasser hierbei annimmt, ist für die Befestigung durch Chaussirung noch nicht bedenklich.

Digitized by Google

Personenfuhrwerke können bei Steigungen von über 3% bergauf nicht mehr in anhaltendem Trabe gefahren werden, thalabwärts aber ist bei Neigungen von über 3% die Fahrt im Trabe ohne Bremsung nicht mehr sicher genug. Bockelberg spricht sich in dieser Beziehung folgendermaassen aus:

Für die Bergfahrt im Trabe ist selbst für leichte Reisewagen eine Steigung von 5% noch zu steil; auf Steigungen von 4,5% sieht man gut bespannte Kutschen erst streckenweise im kurzen Trabe fahren; 4% wird für diese Gangart schon bequemer; 3,0 bis 3,3% gestattet ziemlich anhaltenden Trab, wenn aber die Steige lang ist und der Trab sehr rasch und nachhaltig sein soll, so wird eine noch sanftere Steigung (2,8 bis 2,5%) mindestens sehr erwünscht.

Für die Thalfahrt im Trabe ist ohne künstliche Hemmung eine Neigung von 6,25% noch gefahrvoll und eine von 5% wenigstens noch sehr misslich; ein Gefälle von 4,54% erfordert noch grosse Mässigung des Trabes und vorsichtige Leitung der Thiere; eine Neigung von 4,17% auf guten Steinbahnen nöthigt die Kutschpferde noch zu starkem Aufhalten, wenn eine künstliche Hemmung fehlt, und auf festen und glatten Strassen muss das Gefälle erst bis 2,78% und unter besonderen Umständen bis zu 2,5 oder 2,22% abnehmen, ehe es ganz gefahrlos wird, mit schweren Reisewagen ohne Hemmungsmittel lange fallende Strecken im gestreckten Trabe zurückzulegen.

Besondere Rücksicht ist bei Festsetzung der Steigungsverhältnisse, namentlich der Grösststeigung einer Strasse auf die Leistungsfähigkeit der Zugthiere zu nehmen, da diese sehr rasch abnimmt, wenn die Steilheit des Weges wächst und ein passendes Verhältniss zwischen todtem Wagengewicht und Nutzladung angestrebt werden muss.

Wäre ein solches Verhältniss bestimmt und könnte man der Strasse durchaus dieselbe Steigung geben, so wäre deren Grösse mit Hülfe z. B. der Gleichung $Z_0 = \mu Q + (Q + G) \operatorname{tg} \alpha$ (siehe den Abschnitt Bewegungs-Widerstände) sofort zu berechnen. Nun setzt sich aber der Aufriss eines längeren Strassenzuges aus einer Anzahl verschieden geneigter Strecken zusammen und es tritt die Frage auf, nach welchen von diesen verschiedenen Steigungsverhältnissen die Ladung der Fahrzeuge bemessen werden soll. Hätte man dieselbe nach der Wagrechten, also so bemessen, dass die Thiere auf allen horizontalen Strecken vollkommen ausgenutzt werden, d. h. dortselbst mit den normalen Grössen Z_0 und c während der zweckmässigsten täglichen Arbeitszeit t arbeiten, so müssten sich die Thiere auf allen ansteigenden Strecken übermässig anstrengen und ihre Gesammtleistung würde verringert. Wäre dagegen die Nutzladung nach der grössten, im Linienzuge vorkommenden Steigung bemessen worden, so wäre die Kraft der Thiere auf allen weniger geneigten Strecken nicht mehr vollständig ausgenützt und ihre Gesammtleistung abermals vermindert.

Es wird sich daher empfehlen, die Ladung der Wagen nach jener Steigung zu bemessen, welche in der fraglichen Strasse besonders häufig und auf längere Strecken hin vorkommt. Auf allen steileren Strecken müssen alsdann die Pferde eine über das normale Maass hinausgehende Leistung übernehmen. Erfahrungsgemäss ist es aber unbedenklich, von den Thieren auf Strecken von etwa 0,5 bis 0,75 km Länge das doppelte der mittleren Zugkraft Z_0 zu verlangen, wenn dieselben hernach wieder verschnaufen und Kräfte sammeln können.

Hieraus entwickelt sich in folgender Weise eine Regel:

In einer von Strassen durchzogenen Gegend ist die durch die Bodenbeschaffenheit bedingte „ortsübliche Ladung" der Wagen bekannt. Die Durchschnittssteigung $\operatorname{tg} \alpha_1$, welcher dieselbe entspricht, berechnet sich aus

$$\operatorname{tg} \alpha_1 = \frac{Z_0 - \mu N}{N + G}$$

wenn Z_0 die normale Zugkraft der Pferde, μ die Widerstandsziffer der Strassen, G das Pferdegewicht und N das übliche Gesammtgewicht eines beladenen Wagens bedeutet; und der noch zulässige Grösstwerth der Steigung ($\operatorname{tg} \alpha_0$), entsprechend der oben angeführten Erfahrung, zu

$$\operatorname{tg} \alpha_0 = \frac{2 Z_0 - \mu N}{N + G}$$

Für Flachlandstrassen, bei welchen $\operatorname{tg} \alpha_1 = 0$ wäre, würde man, weil $Z_0 = \mu N$

$$\operatorname{tg} \alpha_0 = \frac{\mu N}{N + G}$$

Digitized by Google

oder mit Vernachlässigung des Pferdegewichts G

$$\operatorname{tg} \alpha_0 = \mu$$

erhalten. Die grösstzulässige Steigung der Strassen im flachen Lande würde hiernach bei Chaussirung, wenn $\mu = 1/33$ festgehalten werden dürfte, $\operatorname{tg} \alpha_0 = 3\%$ betragen.

Wie schon oben erwähnt, dürfte die in der angegebenen Weise zu berechnende Grösststeigung jedoch nur auf kürzere Strecken zur Ausführung kommen und es müssten auf sie immer wieder flachere Wegstrecken folgen, wo die Zugthiere in der Lage wären, wieder Kräfte zu sammeln.

Im höheren Hügellande und im Hochgebirge, wo es sich um Ueberwindung grosser Höhenunterschiede handelt, bringt die Einhaltung dieser Regel Missstände mit sich, weil die Ausführung der Maximalsteigung immer nur innerhalb kürzerer Strecken eine sehr bedeutende Längenentwicklung der Strassenlinie zur Folge hat und durch den häufigen Wechsel des Steigungsbetrages die Thalfahrt wesentlich erschwert wird.

In solchen Fällen wird man untersuchen, ob eine vorgegebene Wagenladung zweckmässiger durch zwei oder mehrere Pferde bei geringerer oder grösserer Steigung befördert werden kann, wobei sich meist ergeben wird, dass Frachtfuhrwerke auf Gebirgsstrassen zweckmässig mit mehr als zwei Pferden bespannt werden. Im Uebrigen ist die Richtung des schweren Wagenverkehrs dabei von Bedeutung.

Hier sei verwiesen auf eine sehr eingehende Arbeit **Launhardt's** in der Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1867 und 1880, worin die Frage behandelt wird, in welcher Weise die Steigungsverhältnisse der Chausseen anzuordnen seien, damit der allgemeine Zweck jeder Strassenanlage, die Kosten der Fortbewegung von Lasten zu vermindern, am vollkommensten erreicht werde.

Besonders unzweckmässig ist es, wenn in einem Strassenzuge vereinzelte übermässig geneigte Strecken vorkommen.

Der **Kleinstwerth** der Steigungen ergibt sich mit Rücksicht auf die Entwässerung der Strasse. Wagrechte Strassen sind deshalb nicht zu empfehlen.

Verlorene Steigungen sollen nicht ohne besondere Erwägung zugelassen werden.

Im Uebrigen ist noch bei Feststellung des Strassenaufrisses darauf zu sehen, dass an den Baustellen der Durchlässe die erforderliche Konstruktionshöhe vorhanden ist, dass Wegkreuzungen u. dgl. ohne allzu grosse Erdarbeiten erfolgen und dass, soweit als thunlich, eine Ausgleichung der Auf- und Abträge stattfindet.

Im Bereiche von Wasserläufen ist die Höhenlage der Strasse durch den Hochwasserstand bedingt und sind Ueberfluthungen nach Möglichkeit zu vermeiden.

In schärferen Strassenkrümmungen, vor Allem in den Wendeplatten, sind die Steigungen entsprechend zu ermässigen.

Die in Preussen gültigen Vorschriften siehe S. 127.

Laissle empfiehlt folgende Grösstwerthe der Steigung:

Hauptstrassen in der Ebene	3%	bei Alpenstrassen . . .	7—8%
« im Hügellande	4—5%	« Vicinalstrassen . . .	6—7%
« im Gebirge .	6%	« Feld- und Waldwegen mit Thalbeförderung .	10—12%

welche Werthe, soweit sie sich auf Hauptstrassen beziehen, etwas höher gegriffen seien, da der schwere Frachtverkehr mehr und mehr durch den Einfluss der Eisenbahnen von den Hauptstrassen verschwindet, während er auf den Vicinalstrassen, welche vielfach als Zufuhrwege zur Bahn dienen, sich steigert. —

Das Längengefälle der Strassengräben wird nicht gerne kleiner als 1% genommen, das der Hintergräben richtet sich nach der Bodenoberfläche. Ist letztere zu wenig geneigt, so gibt man der Sohle Neigungen und Gegenneigungen und führt das Wasser an den tiefsten Stellen quer heraus.

Querschnitt der Strassen und Wege.

Ueber die in Preussen für Landstrassen gültigen Normen siehe am Schluss, S. 127.

Die Oberfläche der Strassen ausserhalb der Städte wird im Allgemeinen vierfach gegliedert: in Fahrbahn, Sommerweg und zwei Bermen (Bankette), von welchen eine öfters als Material-Ablagerungsplatz dient. Im Hügel-

Digitized by Google

und Gebirgslande fehlt der Sommerweg und es ist dann die Dreitheilung die gewöhnliche, wenn nicht die Fahrbahn durch zweierlei Befestigungsweisen wieder in zwei Streifen zerlegt wird.

Die Breite der Fahrbahn hängt hauptsächlich von der Grösse der Fuhrwerke und von der Art und Stärke des Verkehrs ab, ausserdem haben die Art des Deckmaterials und dessen Verwendung, zuweilen auch Schwierigkeiten der Grunderwerbung oder Rücksichten auf die Verkehrssicherheit einen gewissen Einfluss.

Im Allgemeinen wird verlangt, dass an jeder Stelle zwei beladene Fuhrwerke neben einander fahren können, wozu eine Breite, etwa gleich der 4fachen Spurweite erforderlich ist. Eine geringere Breitenbemessung sollte nur in Ausnahmefällen zugelassen werden; bei einer einspurigen Strasse sind in passenden Abständen von einander Ausweichplätze anzuordnen.

Auch die Sommerwege werden im Allgemeinen so breit angelegt, dass sich auf ihnen zwei leichte Fuhrwerke begegnen können. Reitwege erhalten mindestens eine Breite von 3^{m}.

Die Breite der Bermen oder Fussbänke wechselt mit der Bedeutung der Strasse. Bei untergeordneten Wegen und wenn die Bermen hauptsächlich als Widerlager für den Fahrbahnkörper dienen, kann man 0,6^{m} annehmen. Für einen einzelnen Fussweg oder falls derselbe über die Fahrbahn erhöht wäre, gilt als kleinste Breite 1,0^{m}.

In Württemberg besteht folgende Eintheilung der Staatstrassen:

Classe	Breite der Fahrbahn		der Fusswege je		Zusammen		Stärke des Steinkörpers in der Mitte		an den Seiten	
	Fuss	m	Fuss	m	Fuss	m	Zoll	cm	Zoll	cm
I	30	8,59	5	1,43	40	11,45	15	43	12	32
II	27	7,74	4	1,14	35	10,02	15	43	12	32
III	24	6,88	3	0,86	30	8,60	14	40	10	29

Die Breite der Beschotterung wechselt nach Bedürfniss von 4,0 bis 7,0^{m}, die Bermen werden mindestens 0,6^{m} breit und wo ein reger Fussgängerverkehr vorhanden ist, als Fusswege mit entsprechend grösserer Breite ausgeführt. Zur Lagerung des Unterhaltungsmaterials werden jetzt überall besondere Plätze nach Bedürfniss angelegt.

In Baden soll nach den in neuerer Zeit in Anwendung kommenden Baugrundsätzen die Breite betragen:

a) bei Landstrassen mit Verkehr von täglich 100 und mehr Zugthieren 7,2^{m}, nämlich Fahrbahn 4,8 und die Bermen je 1,2^{m};

b) bei Verkehr von 60—100 Zugthieren 5,4—6,0^{m}, Fahrbahn 4,5—5,4^{m}, Bermen je 0,45—0,75^{m};

c) bei Verkehr von 30—60 Zugthieren 4,8—5,4^{m}, Fahrbahn 4,2^{m}, Bermen je 0,3—0,6^{m};

d) bei Verkehr von 30 Zugthieren und weniger 4,2—4,8^{m}, Fahrbahn 3,6^{m}, Bermen je 0,3—0,6^{m}.

Bei Strassen im Gebirg bleiben die Bermen auf der Bergseite entweder ganz weg oder werden schmäler als auf der Thalseite gehalten, um auf letzterer Raum für Schutzvorrichtungen zu gewinnen.

In der Nähe der Städte erhalten die Bermen eine Breite von 1,2 bis 3,0^{m} und mehr.

Nach den Regeln über die allgemeine Bauart der Landstrassen in Hannover von 1873 soll die Breite der Steinbahn wenigstens 3,5^{m}, des Sommerwegs 3,0^{m}, des Fussweges 1,75^{m}, die Gesammtbreite nicht unter 8,25^{m} betragen. Wird kein Sommerweg angelegt, so soll die Steinbahnbreite wenigstens zu 4,0^{m}, jeder Fussweg zu 2,0^{m}, die Gesammtbreite zu 8,0^{m} angenommen werden. Bei Klinkerstrassen darf ausnahmsweise der Sommerweg 2,5^{m}, der Fussweg 1,5^{m}, die ganze Strecke 7,5^{m} breit angelegt werden.

In Braunschweig hat das Planum seit 1871 bei Staatsstrassen 7—12^{m}, bei Kreiswegen 6—9^{m} Breite; bei sehr theuerer Herstellung ist die Breite des letzteren auf 4,5—6,0^{m} eingeschränkt. Sommerwege werden jetzt weggelassen. Die Staatsstrassen haben meist 8,0^{m} Breite und 4,6^{m} Steinbahn, die Kreisstrassen 7^{m} Breite und 4^{m} Steinbahn; nur in starken Steigungen (über 5,6%) wird letztere auf 5,5^{m} erbreitert.

Digitized by Google

Die wichtigsten Strassen in den Schweizer Kantonen haben Kronenbreiten von 4,2—8,4^{m}, am häufigsten zwischen 5,4 und 7,2^{m}. Bei den in zweiter Linie stehenden Strassen schwankt (besondere Fälle ausgeschlossen) die Breite etwa zwischen 3,6 und 6,0^{m}.

Die Oberflächen-Entwässerung erfolgt entweder von der Mitte aus nach beiden Seiten hin oder sie ist eine einseitige.

Bei Strassen mit bogenförmiger Querschnittslinie erstreckt sich die Wölbung gewöhnlich nur über die Fahrbahn, während die Bermen eben gebildet sind. Bei nicht überhöhten Bermen erfolgt der Anschluss an den Kreisbogen nicht tangential, weil letztere sonst eine zu starke Querneigung erhalten würden.

Der Wölbungspfeil wird verschieden gross genommen, je nach der Art des Strassenbaumaterials und dem Längsgefälle der Strasse. Für chaussirte Fahrbahnen, welche einen besonders grossen Pfeil verlangen, beträgt derselbe $^{1}/_{33}$ bis $^{1}/_{40}$ der Fahrbahnbreite, während die Bermen eine Querneigung von 4—5% erhalten. Aehnliches gilt bei dachförmiger Bildung des Strassenquerschnittes.

Siehe auch unter „Anlage etc. städtischer Strassen", sowie die preussischen Gesetzesbestimmungen.

Bei Strassen und Wegen in gebirgigem Gelände wird mit Rücksicht auf Sicherung des Verkehrs öfters eine einseitige Querneigung, und zwar gegen den Berg hin ausgeführt. Bei untergeordneten Wegen mit stärkerer Längsneigung unterbleibt die Querneigung auch ganz.

Die Sohle der Strassengräben muss tiefer liegen als die Sohlenfläche des Fahrbahnkörpers, eine Tiefe von 0,40—0,50^{m} bei einer Sohlenbreite von 0,30—0,50^{m} wird im Allgemeinen genügen zur Abführung der Niederschlagswässer. Haben die Gräben ständig fliessendes Wasser aufzunehmen, so ist ihr Querschnitt dem besonderen Falle entsprechend festzusetzen: auch in abbröckelnden Felseinschnitten erhalten die Gräben öfters grössere Querschnitte.

Anlage, Grund- und Aufriss, Querschnitt städtischer Strassen.

Die städtischen Strassen werden in der Regel gerade geführt, doch sind gekrümmte Strassen bezw. solche in Form geradliniger Vielecke öfters durch die Oertlichkeit bedingt und im Allgemeinen aus ästhetischen Gründen empfehlenswerth.

Zweckmässig erscheint im Hinblick auf die Besonnung der Häuser die Richtung nach dem Meridian, doch ergibt sich dann der Missstand, dass die eine Seite der Querstrassen nach Norden gekehrt ist. Vermieden wird dies, wenn die Strassen von Nordost nach Südwest und senkrecht dazu laufen. Das Zusammenfallen der Strassenlinien mit den herrschenden Windrichtungen wird meist vermieden, obgleich es für die Lüftung nicht unerwünscht wäre.

Bestimmend für die Strassenrichtungen sind übrigens in der Regel die Verkehrsverhältnisse und es empfiehlt sich dann zur Erzielung einer entsprechenden Besonnung der Häuser, je nach der Abweichung der Richtung vom Meridian, die Strassenbreite wechselnd zu nehmen.

Die Steigungsverhältnisse sind in den eigentlichen Verkehrsstrassen der Stadt den Landstrassen gegenüber zu ermässigen, wobei man auch grössere Erdarbeiten nicht zu scheuen braucht; jedoch ist nicht zu übersehen, dass sich bei starken Aufdämmungen die Kosten für die Gründung der Gebäude wesentlich erhöhen und dass auch Einschnitte für diese nicht erwünscht sind. Die Versorgungsnetze sollen in gewachsenen Boden zu liegen kommen.

Strassen, welche vorzugsweise zur Ausnützung des Bauterrains dienen, können stärkere Steigungen erhalten. Verbietet die Steilheit eines Hanges die direkte Führung einer Fahrstrasse, so sind wenigstens Fusswege, unter Umständen Treppen in passender Längenentwicklung in Aussicht zu nehmen; zuweilen kann man dazu kommen, wenigstens oben und unten eine Sackgasse und zwischen beiden eine Fussweg-Verbindung anzulegen.

In langen geraden Strassen sind Gefällsbrüche mit Vorsicht anzuordnen; dieselben wirken am wenigsten ungünstig, wenn auf ein Gefälle eine Steigung folgt; am besten werden dieselben an die Einmündungsstellen von Querstrassen oder in die Eckpunkte des Grundrissvieleckes gelegt; in manchen Fällen lassen sie sich durch Anpflanzungen u. dgl. m. verdecken.

Digitized by Google

Wenn man die vorhandenen oder zu erwartenden Hauptverkehrsmittelpunkte durch Hauptstrassen verbindet und das übrige Strassennetz sowohl im Hinblick auf Verkehr als gute Ausnützung des Bauterrains, wie auch mit thunlicher Berücksichtigung der Besitzverhältnisse anschliesst, so erhält man einen Stadtplan nach dem „Dreiecksystem", welches insbesondere auch in architektonischer Beziehung manche Anregung gewährt. Bei Anlage der Nebenstrassen wird man das sogen. Rechtecksystem mit lauter rechteckigen Baublöcken so weit wie möglich zur Geltung zu bringen suchen.

Die Anlage wenigstens einzelner Diagonalstrassen wird sich übrigens immer empfehlen, auch wenn man sonst rechteckige Baublöcke zu bilden sich veranlasst sieht.

Einigermaassen verschieden vom Dreiecksystem ist das Radialsystem, indem dabei von einem Verkehrsmittelpunkte aus Hauptstrassen nach verschiedenen wichtigen Aussenplätzen hin angelegt werden, zwischen welchen Ringstrassen Hauptverbindungslinien bilden, während die Unterabtheilung in mannigfacher Weise, zum Theil auch nach dem Dreiecksystem geschehen kann.

Die gegenseitige Entfernung der Strassen, die Blockseiten, sind mit Rücksicht auf Verkehr und Gesundheit klein, dagegen für die Zwecke gewerblicher Anlagen gross erwünscht, letzteres unter Voraussetzung nicht zu dichter Ueberbauung; wichtig für die Wahl der Blockgrösse ist auch der Werth der Grundstücke, welcher wesentlich von jener abhängig ist.

Bei Wohnquartieren mit kleinen Häusern genügen Blocktiefen von 40—60^{m}, für grössere Gebäude mit entsprechenden Hinterhäusern, Gärten oder Höfen sind 80—100^{m} erforderlich; für gewerbliche und landwirthschaftliche Anlagen kommen Tiefen von 100—300^{m} vor, wobei dann gewöhnlich Unterabtheilungen durch sogenannte Privatstrassen erzielt werden.

Die Blocklängen sind durch die Verkehrsrücksichten sicher bestimmt; zuweilen wird die Länge gleich der Tiefe des Blockes genommen, öfters aber ist die Länge bedeutender wie die Tiefe.

Am häufigsten kommt bei städtischen Strassen eine dreifache Gliederung der Oberfläche vor: 2 Fusswege zu beiden Seiten einer Fahrbahn. Für die Breitenbemessung sind nicht nur Verkehrsbedürfnisse, sondern auch Forderungen der Gesundheitslehre und Rücksichten auf die Versorgungsnetze maassgebend. Als Kleinstwerth der Breite einer solchen Strasse kann 8^{m} gelten, 5^{m} Fahrbahn und zwei Fusswege zu je 1,5^{m}, dabei ist nicht ausgeschlossen, dass ungewöhnlich breit geladene Wagen in den Fussweg hineinragen.

Bei stärkerem Verkehr werden auch diese Maasse entsprechend grösser gewählt; bei vielen bestehenden Strassen betragen die beiden Fusswege zusammen 0,4 der ganzen Strassenbreite, so dass also $^{3}/_{5}$ der Gesammtbreite auf die Fahrbahn und $^{1}/_{5}$ auf jeden Fussweg trifft. Als Breite des für ein normal- oder schmalspuriges Pferdebahngleis erforderlichen Lichtraums kann man 2^{m} und als Abstand der Achsen zweier neben einanderliegenden Gleise 2,5^{m} annehmen. Bei Strassen mit beiderseitigen Fusswegen kann die Fahrbahn von 5,3^{m} noch ein Pferdebahngleis aufnehmen, zwei Gleise erfordern im äussersten Falle noch eine Fahrbahnbreite von 7,5^{m}; dabei sind die Gleise möglichst in die Strassenmitte zu verlegen.

Eine preussische Verordnung von 1875 verlangt für Verbindungswege, lange Neben- und Hauptstrassen Kleinstmaasse von bezw. 12, 20 und 30^{m}. Die Hamburger Bauordnung schreibt für grössere Verkehrsstrassen eine Breite von 20—30^{m}, ausserdem als Regel eine Breite von 17^{m} vor, über welche in Stadt und Vorstadt nicht hinausgegangen werden soll. Nur wegen besonderer örtlicher Verhältnisse und bei Nebenstrassen kann auf 8^{m} heruntergegangen werden. Die Wiener Bauordnung verlangt, dass bei Festsetzung der Baulinie in bestehenden Strassen und Gassen eine Breite von 16^{m} eingehalten werden solle, gestattet aber eine Verminderung auf 12^{m}. Bei Festsetzung der Baulinie für neue Strassen ist eine Breite von mindestens 16^{m} vorzusehen. Das Maass von 15^{m} gilt bei vielen Stadterweiterungen als Kleinstmaass.

Die Gesammtbreite der Strasse sollte nicht kleiner sein als die Höhe der an ihr stehenden Häuser, im Uebrigen wechselt dieses Maass mit der geographischen Breite des Ortes und mit der Neigung der Strasse gegen den Meridian, wenn eine möglichst lang andauernde Besonnung der Häuser erzielt werden soll.

Digitized by Google

Nach der Münchener Bauordnung soll unter Anderem die Höhe der Vordergebäude die mittlere Breite des davorliegenden Strassentheils einschliesslich etwaiger Vorgärten nicht überschreiten und sie darf nicht mehr als 22^{m} betragen.

In neuerer Zeit tritt die Rücksicht auf die Unterbringung der Versorgungsnetze mehr und mehr in den Vordergrund und man sieht sich veranlasst, die Fusswege, auch auf Kosten der Fahrbahn, zu verbreitern; die Fahrbahn nimmt zuweilen nur die Hälfte der ganzen Strassenbreite ein. Wichtig dabei ist die richtige Grössenbemessung der Leitungen und passende Lagerung derselben gegen einander. Wasserleitungsrohre legt man nicht gerne näher als 5—6^{m} an die Häuserfluchten, die Fusswegbeläge werden theilweise durchlässig konstruirt, damit namentlich ausströmendes Leuchtgas entweichen kann.

Für eine dreitheilige Strasse mit zwei Längsreihen von Bäumen ist mindestens eine Breite von 25—30^{m} erforderlich, weil die auf der Fahrbahn oder aber auf den Fusswegen 0,6—1,0^{m} vom Randstein entfernt anzuordnenden Bäume etwa 6—8^{m} von den Häuserfluchten entfernt sein sollen. Eine Mehrtheilung ergibt sich, wenn die beiden Baumreihen auf einen in der Strassenmitte angelegten Spazierweg angeordnet werden, auf dessen beiden Seiten alsdann eine Fahrbahn erforderlich sein wird. Eine Mehrtheilung, je nach den örtlichen Verhältnissen symmetrisch und unsymmetrisch zur Längsachse ausgebildet, zeigen die Prachtstrassen der Weltstädte. Viele Beispiele zu solchen siehe in Baumeister, Städtisches Strassenwesen etc., Handbuch d. Bauk. Abth. III, Heft 3, und Stübben, Der Städtebau, Handb. d. Arch. IV. Theil, 9. Halbbd.

Für die Form des Querschnitts städtischer Strassen gilt in der Hauptsache das über die Landstrassen Gesagte, nur dass hier bei breiten Strassen der Wölbungspfeil verhältnissmässig kleiner genommen wird als bei schmalen, und erhöhte Fusswege in der Regel zur Ausführung kommen.

Nach Baumeister halten sich die meisten Vorschriften über das Quergefälle städtischer Strassen innerhalb folgender Grenzen:

Fahrweg mit Chaussirung	0,03—0,06,
« « Steinpflaster	0,02—0,04,
« « Klinker- oder Holzpflaster . .	0,015—0,03,
« « Asphaltdecke	0,005—0,02,

bei stärkerem Längengefälle würde das Quergefälle um 0,01—0,02 kleiner genommen als in wagrechten Strecken.

Fusswege mit Steinpflaster	0,03—0,04,
« « dichter Decke	0,02—0,03.

Entwässerungs-Gräben eignen sich wenig für städtische Strassen. Die Rinnen erhalten ein Längengefälle, wenn thunlich, nicht unter 1%, wenn Pflasterung angewendet wird, und nicht unter 0,5% bei asphaltirten Rinnen.

Aufsuchung einer Strassenlinie.

Von den verschiedenen, zwischen zwei gegebenen Punkten möglichen Linien verdient jene den Vorzug, für welche die jährlichen Gesammtkosten, nämlich die Summe aus den Zinsen des Anlagekapitals und die für Unterhaltung und Betrieb aufzuwendenden Kosten am kleinsten ausfallen, wobei der schwere Lastverkehr in erster Linie in Betracht zu ziehen ist.

Die Anlage- und Unterhaltungskosten werden in der Regel als Durchschnittswerthe von Strassen derselben Art entnommen, welche unter ähnlichen äusseren Verhältnissen bestehen; für erstere werden öfters flüchtige (generelle) Kostenanschläge benutzt und in manchen Fällen werden auch eingehende Kostenanschläge nicht zu umgehen sein.

Die Beförderungskosten sind vor allem durch die den vorhandenen Strassensteigungen entsprechenden Nutzladung der Fahrzeuge bedingt. Diese Ladung wird in vielen Fällen erfahrungsgemäss feststehen, zuweilen aber auch im Hinblick auf das Längenprofil der Strasse erst bestimmt werden müssen. Ist sie, wie auch das Eigengewicht der Fahrzeuge bekannt, so lässt sich für jede Strecke des Strassenzuges von bestimmter Steigung zunächst die zur Beförderung erforderliche Zugkraft und sodann die zu leistende Arbeit angeben, wie für eine Wagenladung, so für den jährlichen Gesammtverkehr. Bestimmt man alsdann noch den Preis für das Tonnenkilometer für jede in der Strasse vorkommende Steigung, so ist man im Stande, die jährlichen Verkehrskosten anzugeben.

Mehr schätzungsweise können die Beförderungskosten auf folgende Weise bestimmt werden:

Ist Q die Gesammtlast, welche sich in einem Jahre über die Strasse nach beiden Richtungen bewegt und Q^1 die Nutzladung eines zweispännigen Fuhrwerks, wird mit l die Länge der Strasse und l^1 die Wegstrecke bezeichnet, welche das Fuhrwerk in einem Tage zurückzulegen vermag, so ist die vom Zweispänner im Tage geleistete Arbeit $Q^1 . l^1$ und es sind zur Bewältigung der jährlichen Gesammtarbeit Q . l

$$\nu = \frac{Q\,l}{Q^1 l^1}$$

Tagesleistungen eines Zweispänners erforderlich. Betragen endlich die durchschnittlichen täglichen Kosten eines Zweispänners k Mark, so ergeben sich die gesammten jährlichen Beförderungskosten zu $\nu . k$ Mark.

Nachdem entschieden worden, welche von den möglichen Strassenlinien gebaut werden soll, wird deren Lage noch genauer bestimmt und die Uebertragung auf das Feld vorgenommen. Dort erfolgt die Abpflockung der Haupt- und Zwischenpunkte, das Einnivelliren derselben und in der Regel die Aufnahme von Querprofilen. Diese Aufnahmen werden zeichnerisch dargestellt und auf Grund derselben die genaue Massenberechnung durchgeführt.

In Preussen besteht eine »Instruktion zur Aufstellung der Projekte und Kostenanschläge für den Bau der Kunststrassen«, Zeitschrift für Bauwesen, 1871, S. 421 ff. Eine bayerische Ministerialentschliessung vom 6. März 1874, No. 3724 (Amtsblatt S. 210) beschäftigt sich mit der Behandlung der Projekte für Staatsstrassen, Brücken etc. In Baden wurde durch eine Verordnung vom 30. Juli 1864 hierauf bezügliche Bestimmungen getroffen (Bär, die Wasser- und Strassenbauverwaltung in Baden, S. 246).

Berechnung der Auf- und Abträge (Massenberechnung).

Zum Zwecke der Massenberechnung denkt man sich die Bodenoberfläche durch eine windschiefe Fläche ersetzt, welche dadurch entsteht, dass sich eine Gerade als Erzeugende an den beiden eingrenzenden Bodenquerschnitten als Leitlinien hinbewegt, stets gleichlaufend mit einer durch die Strassenaxe gelegten Lotebene, ausserdem denkt man sich die zwischen zwei Querprofilen liegende Erdmasse durch passend gewählte Trennungsflächen in Einzelkörper zerlegt. Es entstehen dabei Prismen, Pyramiden und Keile im allgemeinen mit je einer windschiefen Seitenfläche; für den Inhalt dieser Körper sind Formeln zu entwickeln.

Man geht dabei am besten von dem in Figur 43 dargestellten Körper aus, nämlich einem lotrechten Prisma mit wagrechter, ebener, trapez-

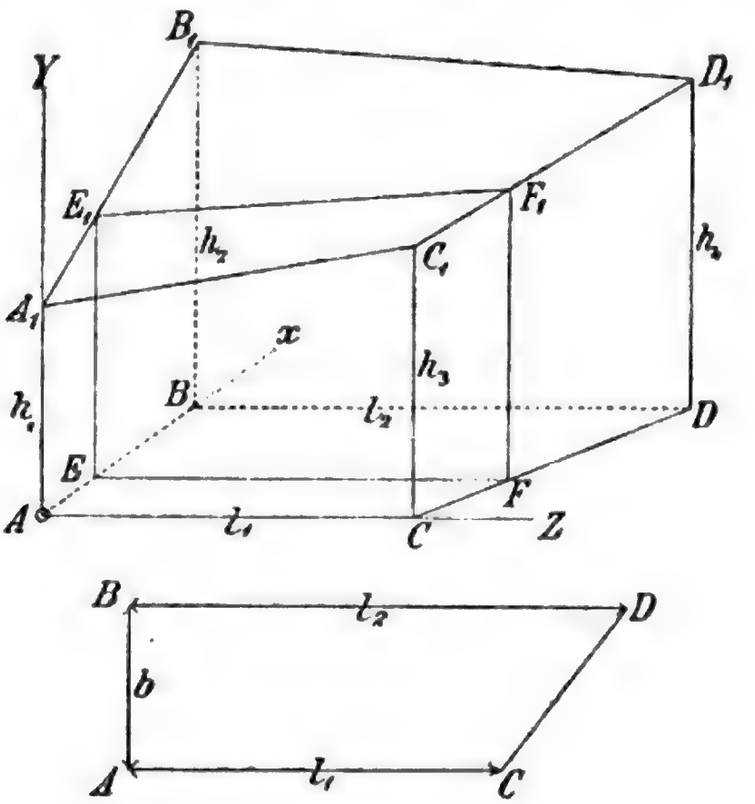


Fig. 43.

Digitized by Google

förmiger Grundfläche ABDC, und den Kantenlängen h_1 bis h_4, welches oben von einer windschiefen Fläche begrenzt ist. Letztere wird durch eine Gerade erzeugt gedacht, welche sich parallel zur Seitenfläche AA_1C_1C längs den geraden Linien A_1B_1 und C_1D_1 hinbewegt.

Der Inhalt dieses Körpers ergiebt sich aus der Gleichung

$$\mathfrak{V} = \int_0^b F\,dx$$

nachdem man den Inhalt des lotrechten Schnittes EE_1F_1F durch die Kantenlängen ausgedrückt hat, in einfacher Weise zu

$$\mathfrak{V} = \frac{b\,l_1}{12}(2h_1 + 2h_3 + h_2 + h_4) + \frac{b\,l_2}{12}(h_1 + h_3 + 2h_2 + 2h_4)$$

Denkt man sich das Prisma auch noch unten durch eine windschiefe Fläche begrenzt und die Kanten von den Längen d_1, d_2, d_3 und d_4, so gilt die Gleichung

$$\mathfrak{V} = \frac{b\,l_1}{12}(2d_1 + 2d_3 + d_2 + d_4) + \frac{b\,l_2}{12}(d_1 + d_3 + 2d_2 + 2d_4)$$

Aus dieser Grundformel ergeben sich Ausdrücke für den Inhalt aller in Frage kommenden Körper.

Setzt man $l_1 = l_2 = l$, entsprechend der gewöhnlichen parallelen Lage der Strassenquerprofile, so erhält man nach einigen Umformungen die Gleichung

$$\mathfrak{V} = \frac{1}{2}\left[\frac{d_1 + d_2}{2} \cdot b + \frac{d_3 + d_4}{2} \cdot b\right] l$$

und die, unter dem Namen »Mittlere Profilrechnung« bekannte Regel: Der Inhalt eines Prismas mit einer oder zwei windschiefen Seitenflächen ist gleich dem arithmetischen Mittel aus dem Inhalt der beiden Grundflächen, multiplicirt mit der Länge des Prismas.

Setzt man weiter in die Grundgleichung unter Beibehaltung der Längen d_1 und d_2 die Kantenlängen $d_3 = d_4 = 0$, so ergibt sich, wenn man den Ausdruck

$$\frac{b}{12} \cdot \frac{l_1 + l_2}{2}(d_1 + d_2) \text{ an Stelle von } \frac{b}{12}(l_1 d_1 + l_2 d_2)$$

festhält, die Formel

$$\mathfrak{V} = \left(\frac{d_1 + d_2}{2}\ b\right)\frac{1}{2}\ \frac{l_1 + l_2}{2}$$

welche den Satz ausspricht: Der Inhalt eines Erdkeils mit einer oder zwei windschiefen Seitenfächen und schief zu den Querschnittsebenen gelegenen Schneide ist gleich dem Produkt aus dem Inhalt seiner Grundfläche und seiner halben mittleren Länge.

Lässt man endlich den Keil in eine dreiseitige Pyramide mit der Spitze in der Kante DD_1 übergehen, indem man neben $d_3 = d_4 = 0$ auch $d_1 = l_1 = 0$ annimmt, so erhält man aus der Grundgleichung

$$\mathfrak{V} = \frac{b\,d_2}{2} \cdot \frac{1}{3} l_2$$

d. h. der Inhalt eines dreiseitigen pyramidenförmigen Erdkörpers ist gleich dem Produkt aus dem Inhalt seiner Grundfläche in den dritten Theil seiner Länge.

Ausser diesen Sätzen kommen je nach Umständen auch noch andere zur Anwendung, so z. B. der folgende:

Der Inhalt eines dreiseitigen, beiderseits schief abgeschnittenen Prismas ergibt sich, wenn man den Inhalt seines senkrechten Querschnittes mit dem arithmetischen Mittel aus den Längen seiner 3 Kanten multiplicirt.

Besondere Wichtigkeit hat sodann der Satz:

Der Inhalt einer dreiseitigen Pyramide mit geneigter ebener Grundfläche und einer lotrechten Kante ist gleich dem dritten Theile des Produktes aus dem Flächeninhalte des Grundrisses der Grundfläche und der Länge der lotrechten Kante.

Digitized by Google

Die Massenberechnung für Dämme und Einschnitte lässt sich für den Fall, dass dieselben in nicht zu schwierigem Gelände zur Ausführung gelangen, oder wenn es sich bei Vorhandensein schwierigen Geländes nur um Ueberschlagsrechnungen handelt, ohne Zuhilfenahme von Querschnittszeichnungen, lediglich auf Grund der Auftragshöhen und Abtragstiefen, nöthigenfalls unter Berücksichtigung der Querneigung des Bodens, in der Hauptsache nach der mittleren Profilrechnung ausführen. Dabei können zweckmässig sogenannte Flächen- und Profilmassstäbe angewendet und überhaupt ein einheitliches graphisches Verfahren befolgt werden. Siehe deshalb Goering, Massenermittelung etc. Berlin 1890.

Die Massenberechnung auf Grund von Querschnittszeichnungen gestaltet sich unter Anwendung der oben angeführten Sätze sehr einfach. Sobald zwei auf einander folgende Querschnitte gleichartig sind, d h. beide im Auftrage oder im Abtrage liegen, so handelt es sich um prismatische oder pyramidale Körper, deren Grundflächen aus den Querschnittszeichnungen und deren Längen, gleich dem Abstande der Querschnittsebenen aus dem Längennivellemente oder aus dem Lageplane entnommen werden. Findet dagegen zwischen zwei auf einander folgenden Querschnitten ein vollständiger oder theilweiser Uebergang aus Damm in Einschnitt statt, so kommen neben Prismen und Pyramiden auch noch keilförmige Körper vor, deren Grundflächen ebenfalls in den Querschnittszeichnungen zur Darstellung gelangen, während jetzt ihre Längen durch die skizzirte oder auch nur ihrer Lage nach geschätzte »Auskeilungslinie« bestimmt sind.

Gelegentlich der Massenberechnung sind die Abträge auch nach dem Arbeitsaufwand zu unterscheiden, den ihr Lösen oder Abgraben verursacht, sie sind nach Abtragsklassen zu ordnen. Dies geschieht bei einfachen Kostenüberschlägen rein schätzungsweise, bei sorgfältigerer Arbeit aber trägt man die durch vorausgegangene Bodenuntersuchungen festgestellten Grenzen zwischen den vorkommenden Bodenarten in die Querschnittszeichnungen der Strasse ein und zerlegt im Hinblick auf dieselben die Gesammtmasse zwischen zwei auf einander folgenden Querschnitten nach dem Augenmaasse.

Vertheilung der Massen, Bestimmung der Beförderungsweiten.

Von einer im allgemeinen anzustrebenden Ausgleichung der Massen ist abzusehen, wenn das im Einschnitt anfallende Material zur Dammbildung ungeeignet oder aber dafür zu gut erscheint. Wenn ausserdem zur Erzielung des erstrebten Ausgleiches auf zu grosse Entfernungen transportirt werden müsste, so dass es billiger zu stehen kommt, das Einschnittsmaterial als »todten Damm« abzulagern und die an der Aufdämmungsstelle erforderliche Masse in der Nähe besonders zu gewinnen. In manchen Fällen können auch Erwägungen über den Betrieb der Bauarbeiten Veranlassung sein, von einer Ausgleichung der Auf- und Abträge abzusehen.

Die Vertheilung der Erdmassen einer Strassenlinie wird vielfach mit Hülfe des Bruckner'schen Massennivellements vorgenommen, welches wie ein Längennivellement angelegt wird, nur dass »Massencoten« an Stelle der Höhencoten treten.

Im Massennivellement kommen nur diejenigen Abträge zur Darstellung, welche nicht innerhalb derselben Profilstrecke, wo sie gewonnen wurden, auch ihre Verwendung finden, desgleichen nur jene Aufträge, welche aus anderen Profilstrecken erholt werden müssen. Die Massencoten geben also, Auf- und Abträge als positive, bzw. negative Grössen gedacht, für jede Stelle die algebraische Summe jener Massen an, welche für die vorangehenden Profilstrecken von auswärts bezogen werden müssen, oder in denselben für auswärts zur Verfügung stehen.

Im Wesen des Massennivellements sind folgende Sätze begründet:

Jede von links nach rechts fallende Strecke (Bezugslinie) des Massennivellements bedeutet überschüssigen, verfügbaren Abtrag, jede in derselben Richtung steigende Strecke (Verbrauchslinie) nothwendigen, fehlenden Auftrag.

Die Menge des auf einer Strecke vorhandenen überschüssigen Abtrages oder fehlenden Auftrages ist durch den lotrechten Abstand der Endpunkte dieser Strecken gegeben. Je steiler letztere ist, um so grössere Massen, auf die Längeneinheit bezogen, sind in Frage; eine

Digitized by Google

waagerechte Strecke zeigt an, dass daselbst weder Auftrag nothwendig, noch Abtrag verfügbar ist.

Zwischen allen, auf einer Waagerechten liegenden Punkten des Massennivellements ist eine vollständige Ausgleichung der Damm- und Einschnittsmassen möglich.

Zieht man zwischen einer fallenden und einer steigenden Strecke des Massennivellements zwei waagerechte Linien, so bestimmen dieselben durch ihren gegenseitigen Abstand eine Masse, durch ihre Endpunkte Stellen der Strassenlinie, wo eine Masse von solcher Grösse zur Verfügung steht, bzw. benöthigt ist. Ausserdem ist es zulässig, als mittlere Entfernung der so bezeichneten Bezugs- und Verbrauchsstelle die mittlere Länge der waagerechten Strecken anzunehmen.

Was die abzulagernden und die aus sogenannten Füllgruben von der Seite her zu gewinnenden Massen betrifft, so muss aus dem Massennivellement nicht nur ihre Grösse, sondern auch die Entfernung entnommen werden können, auf welche dieselben verbracht werden müssen. Näheres hierüber siehe in den Lehrbüchern.

Ausser dem Bruckner'schen Massennivellement kommen auch andere Verfahrungsweisen zu demselben Zweck in Anwendung, so insbesondere eines, bei welchem die Massen, nicht wie bei jenem durch Strecken, sondern durch Flächen dargestellt und deren Schwerpunkte als Schwerpunkte der Massen aufgefasst werden.

Wie bemerkt, ergeben sich mit Hülfe des Massennivellements und verwandter Methoden nur die Beförderungsweiten solcher Auf- und Abträge, welche nicht auf der Strecke zwischen zwei auf einander folgenden Profilen zum Ausgleich gelangen, desgleichen die Entfernungen für abzulagernde und aus Materialgruben besonders zu gewinnende Massen.

Was die innerhalb derselben Profilstrecke sich ausgleichenden Massen betrifft, so kommen bei Bestimmung ihrer Beförderungsweiten zwei Fälle in Betracht, die Quer- und die Längenbeförderung derselben. Im ersten Falle schätzt man die mittleren Beförderungsweiten allein aus den Querschnittszeichnungen, im anderen Falle unter gleichzeitiger Berücksichtigung des Längennivellements und des Lageplans.

Kosten der Erdmassenbeförderung.

Als Beförderungsmittel dienen die Wurfschaufel, sodann die Schub- und Kippkarren, endlich die auf Schienengleisen laufenden Rollwagen.

Mit der Schaufel lässt sich die Masse zunächst auf Wurfweite (Wurfhöhe) befördern, in manchen Fällen werden die Massen wiederholt geworfen. Die Kosten der Schaufelbeförderung für 1 cbm auf die waagerechte Entfernung von x Meter (gleich einem Vielfachen der Wurfweite) ergeben sich dann zu

$$k = \frac{T}{a\,w} \cdot x$$

wenn ein Arbeiter in einer Tagesarbeit a cbm gelockerte Masse einmal mit der Schaufel auf die Entfernung w zu werfen vermag, und T seinen Taglohn bedeutet. Als Wurfweite kann man 3—4^m waagerecht, und 1,5—2,0^m lotrecht annehmen. Ein Arbeiter wirft in 1 Stunde bei entsprechender Anstrengung 1,5 cbm gelockerte, ungebundene Masse und 1,0 cbm Steinbrocken einmal mit der Schaufel. Für die auf Rädern laufenden Beförderungsmittel kann man gemeinschaftliche Formeln aufstellen.

Bewegt sich ein solches Fahrzeug auf waagerechter Bahn mit der mittleren Geschwindigkeit v, ist T der Gesammttaglohn der bei der Beförderung thätigen Arbeiter, (einschliesslich der Kosten für Thiere und Maschinen) A die tägliche Arbeitszeit und L die Nutzladung der Beförderungsgeräte, wird endlich mit z der Zeitverlust, welcher für Abladen u. dergl. neben dem Zeitaufwand bei der Hin- und Herfahrt erwächst, bezeichnet, so ergeben sich die Beförderungskosten für 1 cbm auf die Entfernung x zunächst zu

$$k = \frac{T}{A\,L}\left(\frac{2x}{v} + z\right) = c_1\,x + c_2$$

Hierzu kommen verschiedene Kostenbeträge. Vor allem für Werthminderung und Instandhaltung der Fuhrwerke sammt Bahn. Drückt man

Digitized by Google

diese in % der reinen Beförderungskosten aus, so erhält man die folgende Gleichung

$$k = (c_1 x + c_2)(1 + 0{,}01 \cdot n) = c' x + c''$$

Weitere Zuschläge sind für Richten und Umlegen der Bahn, für Schmieren der Rollwagen, für Verwaltung und unter Umständen für Gewinn des Unternehmers zu geben.

Ausserdem ist zu beachten, dass die vorstehend berechneten Kosten nur bei waagerechter Bahn gelten, dass auch noch die verschiedenartige Beschaffenheit des zu befördernden Bodenmaterials in Frage kommt und dass es nicht gleichgültig ist, wie gross die ganze zu befördernde Masse ist, indem deren Grösse um so mehr ins Gewicht fällt, je höher entwickelt das in Aussicht genommene Beförderungsmittel ist.

Die Regeln zur Berücksichtigung der Bahnneigung sind sehr verschiedenartig. Plessner lässt Steigungen unter 1:30 und Gefälle unter 1:16 ohne Berücksichtigung und rechnet von diesen Grenzwerthen ab für jedes Meter Höhenunterschied 12^m Zuschlag zur waagerechten Transportentfernung x.

Goering bringt den Einfluss der Bahnneigung (tg α) dadurch in Rücksicht, dass er die reinen Beförderungskosten auf waagerechter Bahn im Verhältnisse $\frac{\text{tg } \alpha}{\mu}$ erhöht, wenn μ die Widerstandsziffer der wagrechten Bahn bedeutet.

Wieder anders ist Winkler vorgegangen.

Die Auflockerung der Massen beim Verladen ist verschieden; bei den meisten ungebundenen Bodenarten ist sie gering, sie erreicht aber bei den gebundenen Massen (Gesteinen) und bei gewissen lehmigen Erden eine bedeutende Grösse. Bei ungebundenen Abträgen bewegt sich die augenblickliche Auflockerung zwischen 0 und 20% und bei gebundenen Massen zwischen 20 und 40%, so dass, wenn L die Nutzladung für ungebundene und L' jene für gebundene Bodenarten bezeichnet, im Durchschnitt $L' = 0{,}8\ L$ angenommen werden kann.

Für Schubkarren kann angenommen werden $v = 60^m$ in 1 Minute; L ist wechselnd, im Durchschnitt etwa $^1/_3$ cbm ungeb. Abtr., im Zustande natürlicher Lagerung gemessen; $z = 1{,}5$ Min., unter der Voraussetzung, dass Arbeiter ausschliesslich zur Beförderung angestellt sind; $n = 10$ für ungebundenen, höher für gebundenen Abtrag. Der Einfluss der Bahnneigung braucht nach Lang bis 5% nicht in Rücksicht gezogen zu werden, dagegen ist für jedes Meter Erhebung über diese Grenzsteigung 20^m dem x zuzuschlagen. Die für gewöhnlich vorkommenden Gefälle werden horizontalen Strecken gleich geachtet.

Handkippkarren für 2 Mann: $v = 70^m$ in 1 Min.; L etwa $^1/_3$ cbm ungeb. gewachsener Boden. Bei Verwendung solcher Karren wird die Lösung des Bodens zusammen mit der Beförderung von denselben Arbeitern besorgt; deshalb ist für erschwertes Aufladen ein Zuschlag zu geben, da im Preise für das Lösen nur ein Betrag für nicht erschwertes Laden steckt; $z = 9$ Min.; $n = 15$. Bis 1,3% bleibt die Steigung unberücksichtigt, für jedes Meter Mehrerhebung ist ein Zuschlag von 70^m zu geben.

Handrollwagen für 2 Arbeiter: $v = 70^m$ in 1 Min.; $L = 1$ cbm. Die Bahn in leichtem Gefälle. $z = 17$ Min. zugleich mit Rücksicht auf erschwertes Laden. Zu den hiermit aus der allgemeinen Gleichung zu berechnenden Beförderungskosten sind für Richten der Bahn und Bedienung der Weichen 2 Pfg., für Anschaffung und Unterhaltung der Fahrzeuge und Bahn sammt Schmierung etwa 50% zuzuschlagen.

Näheres hierüber, wie auch über die Beförderung mit Lokomotiven, siehe unter anderem in Barkhausen, Erdarbeiten im Handbuch der Baukunde, Abth. III, 4. Heft.

Unterbau der Strassen (Dämme und Einschnitte).

Bei Festsetzung des Böschungsverhältnisses für einen Einschnitt oder Damm ist zu überlegen, inwieweit die in der Theorie gemachte Voraussetzung einer Gleichartigkeit der Masse als vorhanden angenommen werden darf, bis zu welchem Grade Durchnässung oder Wasserzudrang das Eigengewicht der Erdmassen vergrössern, sowie Reibung und Cohäsion vermindern kann. Zu berücksichtigen ist, dass Frost u. dergl. vermindernd auf eine ursprünglich vorhandene Cohäsion

Digitized by Google

wirken und dass sich in Aufdämmungen gewöhnlich erst nach längerer Zeit ein grösseres Maass von Cohäsion ausbildet.

Unter der Voraussetzung, dass die Böschungen die gewöhnlichen Schutzdecken erhalten, darf man für das Böschungsverhältniss tg ε (ε gegen das Loth gemessen) folgende Durchschnittswerthe festhalten:

a) Einschnitts-Böschungen.

Tiefe des Einschnitts nicht mehr als 4—5^m, die Bodenschichten trocken gelagert.

Dammerde (Humus)	tg $\varepsilon = 1{,}5$	Lehmige Erden	tg $\varepsilon = 1{,}25$—$1{,}00$
Sand	tg $\varepsilon = 1{,}5$	Festgelagerter Kies	tg $\varepsilon = 1{,}25$—$1{,}00$

Trockene Lagerung ist namentlich bei lehmigen Erden vorausgesetzt; von Quellen durchzogene Lehm- und Thonböden sind immer gefährlich.

Felseinschnitte können bei wetterbeständigem Gestein und günstigen Schichtungsverhältnissen sehr steil abgeböscht werden, tg $\varepsilon = 0$ und selbst überhängend.

Lose oder erweichbare Massen zwischen Felsbänken sind vornen durch Mauerwerk zu ersetzen, um dieselben nach aussen abzuschliessen und die Felsbänke zu stützen.

Verwitterbare, sonst tragfähige Felsen erhalten eine steile Böschung mit Verkleidungsmauer. Siehe deshalb XIV. Stütz- und Futtermauern. Feste, aber sehr stark verwitterbare Massen werden zuweilen flach abgeböscht, entsprechend dem Verwitterungsprodukt.

Werden die Einschnittstiefen bedeutender, so sind die Böschungen flacher anzulegen oder sogenannte Bermen auszuführen.

b) Damm-Böschungen.

Alle von Wasser erweichbare Bodenarten sind zur Bildung von Dämmen ungeeignet. Bei mässigen Dammhöhen, bis etwa 5^m, und bei Ausführung einer gewöhnlichen Grasdecke kann im Allgemeinen für Dammerde und auch für Sand tg $\varepsilon = 2{,}0$ und für zulässige lehmige Erden und Kies tg $\varepsilon = 1{,}5$ angenommen werden. Dämme aus grobem Geröll und Steinbrocken können ein Böschungsverhältniss tg $\varepsilon = 1{,}25$ erhalten.

Niedrigere Dämme können steiler, höhere Dämme sollten flacher geböscht werden. Auch bei grösseren Dammhöhen lassen sich einmalige Böschungen (tg $\varepsilon = 1{,}0$) mit Hülfe von Steinsätzen (Packungen) herstellen, noch steilere Böchungsanlagen aber erfordern schon die Ausführung von Mauerwerkskörpern. Trockenmauern aus grossen, lagerhaften und frostbeständigen Steinen können bis zu Höhen von 5—6^m ein Böschungsverhältniss tg $\varepsilon = 0{,}5$ erhalten. Bei bedeutenden Höhen ist die Verbindung von Trockenmauern mit Steinsätzen zweckmässig, wobei erstere mit tg $\varepsilon = \frac{2}{3}$ ausgeführt werden. Werden aus irgend welchem Grunde noch steilere Böschungen erforderlich, so sind gemörtelte oder betonirte Mauern am Platz. Siehe darüber XIV. Stütz- und Futtermauern. Die Schutzdecken der Böschungen, Besamungen, Berasungen, Bepflanzungen, Pflasterungen, Flechtzaunanlagen sind thunlich bald nach Fertigstellung der Dämme und Einschnitte auszuführen. Die Böschungen der Strassengräben werden in der Hauptsache ebenso wie die Hauptböschungen behandelt. Rasenbeläge sind in den Gräben, wie auch am Fusse der Einschnittsböschungen zum Schutze gegen Unterspülung angezeigt. Pflasterungen sind am Platze, um Ausspülungen durch rasch fliessendes Wasser, oder aber Erweichung und Auflösung der Bodenschichten zu verhüten. Besondere Vorkehrungen sind gegen das Abrutschen der Abfallrinnen zu treffen.

Die Strassenrinnen in den Städten erhalten jedenfalls nur einen kleinen Fassungsraum, sie werden mit Pflasterstücken verschiedener Art, welche zuweilen in Cementmörtel versetzt werden, mit Formstücken oder durch Asphaltirung gebildet. Der Uebergang der Fahrzeuge an den Hauseinfahrten lässt sich durch Abschrägung der Randsteine ermöglichen, oder durch muldenartige Vertiefung der Fusswege an diesen Stellen, oder durch Ueberbrückung der Strassenrinne mittels Eisenplatten u. dergl.

Das Maass der Ueberhöhung, welches den Dämmen bei der Ausführung gegeben werden muss, ist abhängig von der Dammhöhe, der

Digitized by Google

Art des Füllmaterials, der Bodenform, der Art des Schüttungsverfahrens und den Witterungsverhältnissen während der Ausführung. Die richtige Bestimmung der erforderlichen Ueberhöhung verlangt sehr viel Erfahrungen. Angaben wie die folgende: Bei nahezu wagerechter Bodenfläche sei bei Steinschüttungen, sandigem Boden, Dammerde und lehmigem oder thonigem Boden eine Ueberhöhung von bezw. $^1/_{40}$ h, $^1/_{23}$ h, $^1/_{14}$ h und $^1/_{12}$ h zu geben (h = Dammhöhe), können daher nur einen Anhalt im Allgemeinen gewähren. Bei quer abfallendem Boden sind die in verschiedener Höhe liegenden Dammkanten auch ungleich zu überhöhen; die überhöhte Dammkrone erhält gewöhnlich die planmässige Breite.

Kunstbauten: Brücken, Durchlässe, Stütz- und Futtermauern.

Wegen der Brücken siehe XVI. Brückenbau. Nur über die Fahrbahntafel der Strassenbrücken sollen einige Bemerkungen eingeschaltet werden.

Zur Fahrbahntafel gehören der eigentliche Strassenoberbau und die zu seiner Stützung dienenden Brückenkonstruktionstheile. Die Fahrbahn auf der Brücke stimmt vielfach mit jener der Strasse überein, in manchen Fällen erhält sie eine besondere Konstruktion.

Bei Strassenbrücken in Stein bringt man zwischen der Sohlfläche des Oberbaukörpers und dem Rücken des Gewölbes in dessen Scheitel noch eine etwa 20^{cm} starke Zwischenlage aus Füllmaterial an, um eine genügende Druckvertheilung zu erzielen; bei höherer Ueberschüttung wird das Eigengewicht zu gross.

Die Fahrbahn wird in der Regel beschottert oder gepflastert, die erhöhten Fusswege gerne mit Platten belegt. Die zwischen Fahrbahn und den Fusswegen angeordneten Rinnen führen das Wasser bei geringer Länge der Brücken über diese weg, sonst aber zu Abfallrohren hin. Auf jedem Fussweg ist ein genügend starkes Schutzgeländer von 1,0—1,2^{m} Höhe anzulegen. Wird dasselbe in Stein ausgeführt, so empfiehlt sich eine Verbreiterung der Fusswege mittels Ueberkragung.

Auch bei Holzbrücken kommen Beschotterungen der Fahrbahn mindestens 15^{cm} stark vor, oder Holzpflaster auf einer aus Bohlen oder beschlagenen Hölzern (10—20^{cm} stark) gebildeten Plattform, in manchen Fällen bewegen sich die Fahrzeuge auf der Plattform selbst. Letztere ruht bei einfachen Balkenbrücken unmittelbar auf den Hauptträgern; ist der gegenseitige Abstand der Hauptbalken jedoch grösser, so werden auf diese erst Querhölzer verlegt, die ihrerseits zur Stützung der Plattform dienen.

Am besten ist es, wenn die zu oberst liegenden Dielen oder Hölzer der Plattform quer zur Brückenbahn liegen, falls die Verkehrslasten sich unmittelbar über dieselben bewegen, weil sie sich sonst zu schnell abnützen und die Zugthiere nicht den erforderlichen Halt mit ihren Hufen finden; bei Anordnung von Querhölzern zur Stützung der Plattform wird daher diese aus einem doppelten Belag Bohlen von 5 bis 8^{cm} Dicke gebildet.

Fusswege fehlen auf untergeordneten Brücken zuweilen ganz, oder sie werden ohne Ueberhöhung von der Fahrbahn nur durch Schwellen abgetrennt; auf grösseren Holzbrücken werden die Fusswege in der Regel überhöht.

Schutzgeländer sind immer nothwendig, wenn solche nicht vielleicht durch über die Fahrbahn emporreichende Haupttragkonstruktionen ersetzt werden; sie werden dann auch in Holz ausgeführt, mit Pfosten von 15—16^{cm} Stärke.

Bei den Eisenbrücken wird die Plattform aus Wellenblech, Formeisen, Buckelplatten oder auch mittels zwischengespannter Gewölbe aus Backstein oder Beton gebildet, seltener wird sie hier als Holzbelag ausgeführt. Letzterer dient zuweilen als Fahrbahn, gewöhnlich aber kommt eine Chaussirung, Pflasterung oder Asphaltirung in Anwendung.

Wellenblech hat gewöhnlich eine Stärke von 4—6^{mm} und ein Gewicht von 40—60 kg/qm, welches auch bei der stärksten Belastung auf etwa 0,75^{m} freiliegen kann. Die Beschotterung über demselben erhält eine Dicke ungefähr bis 0,20^{m}; besondere Rücksicht ist auf die Abführung des durch dieselbe sickernden Wassers zu nehmen.

Statt des Wellenbleches nimmt man jetzt gerne einen Belag aus Zores-Eisen, welche man senkrecht zur Brückenrichtung mit kleinen Zwischenräumen anordnet, welch' letztere mit Steinen überlegt werden, so dass Schotterstücke nicht durchfallen können. Das Gewicht dieser Formeisen beträgt öfters 15—20 kg/m. Bei genügend hoher Ueberschotte-

Digitized by Google

rung darf man annehmen, dass ein Raddruck nicht voll auf ein Zores-Eisen übergeht, sich vielmehr auf 2 derselben vertheilt; durch entsprechende Querverbindungen wird die Druckvertheilung noch verbessert. Im Uebrigen werden die einzelnen Formeisen als durchlaufende (continuirliche) Träger mit festliegenden oder verdrückbaren Unterstützungsstellen behandelt.

Um das Gewicht der Brückenkonstruktion thunlich zu vermindern, gibt man bei Strassen von untergeordneter Bedeutung mit kleineren Verkehrslasten der Schotterdecke eine möglichst geringe Stärke oder lässt sie auch ganz weg und ordnet eine direkt zu befahrende Plattform aus Holzbohlen an. Bei grossen Strassenbrücken kommen auch neben Steinpflaster asphaltirte oder mit Holz gepflasterte Fahrbahnen vor. Eine Asphaltdecke verlangt eine stärkere Betonunterlage, wodurch das Eigengewicht der Brücke stark beeinflusst wird. Besser in dieser Hinsicht ist Holzpflaster, da die Klötze auch auf eine gut abgeglichene Holzplattform aufgesetzt werden können.

Die Fusswege bei den Eisenbrücken werden mit Steinplatten, Asphalt u. dergl. abgedeckt, auch mit geripptem Eisenblech und Holz, letzteres besonders, wenn die Fusswege ausserhalb der Hauptträger liegen. —

Die Anlage der Durchlässe soll thunlich an solchen Bodenstellen erfolgen, wo das Bauwerk kurz und nicht schief wird und eine einfache, natürliche Gründung erhalten kann.

Dient ein Durchlass dem Menschenverkehre, so ist seine Lichtöffnung durch das Verkehrsbedürfniss bedingt. Die meisten Durchlässe haben jedoch Wasser abzuführen. Die Menge desselben ist nicht schwer zu bestimmen, wenn ein ständiger Wasserlauf mit bekannten Wasserhöhen in Frage kommt (siehe I. Hydraulik). Schwieriger wird im Allgemeinen die Sache, wenn es sich um Angabe der Wassermenge handelt, die in Folge von Regengüssen am Standorte des Durchlasses innerhalb gewisser Zeit zusammenläuft, wobei Niederschlagsgebiet, Regenmenge und Abflussverhältnisse die Grundlage der Rechnung bezw. Schätzung bilden (siehe deshalb die Abschnitte II a, II b und III). Eine Vereinfachung ergibt sich für die meisten Durchlässe, weil dieselben gewöhnlich nur das aus kleineren Bodensenkungen kommende Wasser aufzunehmen haben.

Mit Laissle kann man folgende Abflussmengen für Sekunde und Quadratkilometer des Niederschlagsgebietes annehmen:

bei Gebieten von 1—5 qkm Ausdehnung
Flachland 0,5 cbm, Hügelland 1,5 cbm, Gebirg 2,0 cbm;
bei Gebieten von 5–10 qkm Ausdehnung
Flachland 0,3 cbm, Hügelland 1,0 cbm, Gebirg 1,5 cbm.

Ist die abzuführende Wassermenge bekannt, so ergibt sich die dazu erforderliche Durchflussöffnung des Durchlasses ohne Schwierigkeit, indem dessen Querschnitt der Form nach und ebenso die Neigung seiner Sohle bekannt ist, und man eine Annahme über die Wassertiefe innerhalb des Bauwerkes machen kann. Mit der Querschnittsfläche und dem benetzten Umfang, beide Funktionen der Lichtweite, mit dem Gefälle des Gerinnes und mit Rücksicht auf die Beschaffenheit der Gerinnwände ergibt sich zunächst aus einer der Geschwindigkeitsformeln die Durchflussgeschwindigkeit v und sodann aus der bekannten Wassermenge $M = F \cdot v$ die gesuchte Weite oder Breite des Durchlasses.

Bei rechteckigem Querschnitt wird die Wassertiefe im Durchlasse gewöhnlich gleich der halben Weite desselben angenommen.

Bei vielen kleineren Durchlässen fallen die in der angegebenen Weise berechneten Lichtmaasse so unbedeutend aus, dass man grössere Maasse zur Ausführung bringen muss, um die Reinigung zu ermöglichen. Hierzu genügt bei geringer Länge, bis höchstens 10^m, des Bauwerks eine lichte Weite gleich der Grabensohlenbreite, wozu man, rechteckigen Querschnitt vorausgesetzt, eine doppelt so grosse Lichthöhe annimmt. Bei grösserer Länge empfiehlt sich mindestens eine Breite von $0{,}6^m$ und eine Höhe von $0{,}8$—1^m, besser ist aber eine noch weitere Vergrösserung.

Ueber Gusseisenröhren zu Durchlässen, welche von etwa 300^{mm} Weite an zur Verwendung gelangen, siehe Tabelle XII.

Die leicht zerbrechlichen Steingutröhren sind besonders sorgfältig zu lagern, auch muss zwischen ihnen und der Sohle des Fahrbahnkörpers noch eine Aufschüttung von mindestens $0{,}25^m$ sein.

Häufiger wie Steingut- kommen Cementröhren zur Verwendung, welche entweder fertig bezogen oder an Ort und Stelle hergestellt werden. Ihr Querschnitt ist kreisrund (bis etwa 600^{mm} Weite) oder

Digitized by Google

eiförmig Im letzteren Falle besteht die Röhre aus einem oder aus zwei oder auch aus 4 Stücken. Am Ein- und Auslauf werden besondere, nach dem Böschungswinkel abgeschrägte Rohrstücke verwendet. Die folgende Tabelle ist das Preisverzeichniss der Cementwaaren-Fabrik von Dyckerhoff & Widmann in St. Jobst, Station Nürnberg-Ostbahnhof.

Lichtweite mm	Länge m	Gewicht kg/m	Preis frei Waggon Nürnberg-Ostbahnhf. Mk./m	Lichtweite mm	Länge m	Gewicht kg/m	Preis frei Waggon Nürnberg-Ostbahnhf. Mk./m
75	0,80	17	0,80	800	1,00	633	14,60
100	1,00	22	1,00	1000	1,00	875	22,50
120	1,00	27	1,20	200/300	1,00	91	3,00
150	1,00	37	1,45	250/375	1,00	133	4,00
175	1,00	47	1,70	300/450	1,00	157	4,50
200	1,00	60	2,00	350/525	1,00	218	5,60
250	1,00	90	2,70	400/600	1,00	280	6,80
300	1,00	125	3,60	500/750	1,00	408	9,00
350	1,00	160	4,40	600/900	1,25	620	14,10
400	1,00	200	5,00	700/1050	1,25	800	17,60
450	1,00	243	5,70	800/1200	1,25	1000	22,00
500	1,00	285	6,70	1000/1500	1,25	1450	31,50
600	1,00	380	8,60				

Krümmer, Uebergangsröhren, Seiteneinläufe und Kopfstücke für Strassendurchlässe werden besonders berechnet.

Bei Verwendung von Cementröhren grösseren Querschnitts zu Strassendurchlässen genügt es nicht, dieselben nur auf eine unnachgiebige Bettungsschichte zu lagern, sondern sie sollten in gewachsenen Boden eingelegt und die Zwischenräume zwischen diesem und den Rohrwänden eingeschlemmt, angestampft oder ausbetonirt werden.

Muss man den Durchlass in die Auffüllung legen, so ist derselbe in Stampfbeton in grösseren Abmessungen an Ort und Stelle auszuführen.

Die Widerlager der Plattendurchlässe (Deckeldohlen] erhalten bei Lichtweiten derselben bis zu 0,50^{m} eine Stärke von 0,50—0,60^{m}, ein Maass, welches sich schon zur Erzielung einer guten Mauerung empfiehlt, aber auch nicht viel vermindert werden darf, wenn nicht eine Beschädigung der Mauern beim Aufbringen der Deckplatten befürchtet werden soll. Der Erddruck gegen die Widerlager kommt erst bei grösseren Höhen derselben in Betracht.

Bezüglich der Stärke der Deckplatten kann man folgende Tabelle empfehlen, welche für die bayerischen Bauämter aufgestellt ist. Die Berechnungen sind mit Benutzung der Bauschinger'schen Versuche ausgeführt, unter der Voraussetzung, dass noch Wagen von 24 t Gewicht ohne besondere Vorkehrungen sicher getragen werden.

Bei einer Stärke der Deckplatte in cm	Es lassen sich überdecken mit: Nagelfluhe vom Isarthal	Ueberkohlensandstein	Tuffstein, Buntsandstein, Ueberkohlensandstein	Molassesandstein	Lettenkohlensandstein	Schaumkalk, Kelheimer Marmor	Buntsandstein v. Holzkirchen	Buntsandstein Clymenienkalk	Buntsandstein von Adelsberg	Granit	Granit-Marmor
	die Lichtweite in cm (abgerundet)										
20	17	21	23	28	31	37	43	51	55	68	72
25	26	32	35	43	48	56	65	77	83	103	109
30	36	45	50	61	67	78	91	107	115	142	149
35	48	60	66	80	89	103	118	139	149	183	192
40	62	77	85	102	112	128	148	173	185	225	237
Zuläss. Bieg.-Spann. in kg/qcm	3,75	4,75	5,25	6,50	7,25	8,50	10,0	12,0	13,0	16,5	17,5

Digitized by Google

Von gewölbten Durchlässen ist im Abschnitte XVI. Brückenbau die Rede.

Wegen Stütz- und Futtermauern siehe den Abschnitt XIV. Stütz- und Futtermauern.

Oberbau der Strassen.

Bei der Wahl des Materials für den Oberbau und bei seiner Stärkebemessung kommt hauptsächlich die Art und Grösse des Verkehrs und die Güte des Unterbau-Materials in Betracht; bei städtischen Strassen sind auch noch gewisse, die Gesundheit und Annehmlichkeit der Anwohner berührende Umstände zu berücksichtigen.

Schotterstrassen (Steinschlag- und Kiesstrassen).

Rand- oder Bordsteine kommen bei Strassen ausserhalb der Städte nicht immer zur Ausführung. Von ihnen abgesehen, setzt sich der Fahrbahnkörper im Allgemeinen aus dem Grundbau oder der Packlage und aus der Beschotterung zusammen. Der Grundbau ist eine in sich verspannte Schichte Bruchsteine von 0,15—0,20^{m} Höhe, welche hochkantig, mit der breiten Seitenfläche nach unten, thunlich in Reihen senkrecht zur Strassenachse, dicht in Verband gesetzt und von oben verkeilt werden, nachdem die vorstehenden Stücke abgeköpft und zu breite Stücke gespalten wurden. Ein solcher Grundbau gewährt eine gute Druckvertheilung und verhindert das Emporquellen lehmigen Bodens in die Decklage. Vor Aufbringen der Oberbauschichten wird der Untergrund festgewalzt und nach Bedürfniss entwässert.

Bei festem Untergrund oder weniger lebhaftem Verkehr bleibt der Grundbau weg und es tritt an seine Stelle eine Schichte groben Geschlägs. Bei den eigentlichen, nach Mac Adam benannten Schotterstrassen fehlte der Grundbau und die letzterwähnte Grobgeschlägschichte und es wurde der ganze Oberbaukörper aus Steinbrocken gleicher Grösse gebildet. Sonst folgt auf den Grundbau oder die untere Schotterschichte die eigentliche Beschotterung aus Kleingeschläg, langsam abgekühlter Hochofenschlacke, Geröll oder Kies, welche für sich nochmals aus zwei Theilen bestehen kann, sodass eine besondere Decklage aus hervorragend widerstandsfähigem Material zu oberst liegt.

In Preussen wird die Gesammtstärke des Fahrbahnkörpers zu 21 bis 28^{cm} im Mittel angenommen, wovon durchschnittlich 12^{cm} auf die Packlage, 5—7^{cm} auf eine etwa vorhandene Mittellage und 9—12^{cm} auf die Decklage treffen. In Württemberg erhielten die 3 Klassen der Staatsstrassen eine Stärke des Steinkörpers von bezw. 43, 43 und 40^{cm} in der Mitte und 32, 32 und 29^{cm} an den Seiten. Später erhielt der Steinkörper eine gleichmässige Dicke, welche beim Grundbau von 17—20^{cm}, beim Steingeschläg von 10—15^{cm} wechselte. Auch kommen Strassen vor, bei welchen der ganze Steinkörper aus Kies in der Weise ausgeführt ist, dass die grösseren Stücke unten, die kleineren als Decklage in einer Gesammtstärke von 20—25^{cm} eingebracht werden.

Die einzelnen Stücke des Kleingeschlägs sollen sich der Würfelform nähern, ausserdem sollen dieselben möglichst gleiche Grösse haben und diese Grösse ist so zu wählen, dass sich noch eine genügend ebene und gut gebundene Fahrbahn erzielen lässt. Die Grösse des Korns wechselt mit der Festigkeit des Gesteins, sie ist um so kleiner, je grösser die letztere. Bei den in der Regel benutzten Gesteinsarten liegt die Seitenlänge der Brocken für die eigentliche Decklage ungefähr zwischen 3 und 6^{cm}, beträgt im Mittel bei hartem Gestein 4, bei weichem 5^{cm}, während sie für die darunter liegende Beschotterungsschichte und für einen aus Steinschlag gebildeten Grundbau grössere Abmessungen erhält.

Ueber die Art der zu verwendenden Steinmaterialien siehe »Wiederersatz der abgenutzten Fahrbahntheile«. Von besonderer Wichtigkeit ist die künstliche Dichtung des eingebrachten Steingeschlägs etc., welches gewöhnlich in seinen verschiedenen Schichten eingewalzt wird. Es vollzieht sich zwar die Dichtung auch während der Benutzung der Strasse, aber nie so gründlich, wie durch Walzung, auch erst nach längerer Zeit und nur unter Auslegung von Sperrsteinen u. dergl. Dabei leiden Zugthiere und Fahrzeuge und es geht Steinmaterial durch Zerdrücken und Schleudern nach der Seite zu Verlust. Der verschiedene Dichtigkeitsgrad gewalzter und ungewalzter Strassen tritt am Deutlichsten in ihrer verschieden grossen Abnutzung unter gleichen äusseren Umständen hervor.

Digitized by Google

Ueber Asphaltbetonstrassen siehe Asphaltstrassen.

1 cbm gewachsener Fels liefert je nach Grösse und Form der Bruchstücke 1,6 bis 1,4 (im Mittel 1,5) cbm Bruchsteine, in aufgeschichteten Haufen gemessen; 1 cbm sorgfältig aufgeschichteter Bruchsteine enthält demnach ungefähr 0,6 bis 0,7 cbm Steinmasse.

1 cbm Kleingeschläg, in Haufen gemessen, enthält erfahrungsgemäss durchschnittlich 0,5 cbm Steinmasse; aus 1 cbm aufgeschichteter Bruchsteine erhält man daher $\frac{0,6}{0,5} = 1,2$ bis $\frac{0,7}{0,5} = 1,4$ cbm Geschläg, und es sind umgekehrt zu 1 cbm aufgehäuften Kleingeschläges etwa 0,8 bis 0,7 cbm aufgeschichtete Bruchsteine erforderlich. Da man jedoch beim Kleinschlagen des Gesteins je nach seiner Art immer mehr oder weniger Abfall erhält, so sind zu 1 cbm Kleingeschläg von gleichmässigem Korn entsprechend mehr Bruchsteine erforderlich, im Durchschnitt etwa 1,2 cbm, in aufgesetzten Haufen gemessen.

Weiter kann man annehmen, dass 1 cbm gedichtete Schotter- oder Steinschlagbahn 1,35 bis 1,60 cbm Steingeschläg, in Haufen gemessen, oder also 0,67 bis 0,80 cbm Steinmasse enthält.

Strassenwalzen und ihre Benutzung.

Die von Pferden gezogenen Strassenwalzen bestehen in der Regel aus einem einzigen gusseisernen Cylinder und einem eisernen, seltener hölzernen Gestell, an welchem die Deichsel sitzt und Kästen oder Körbe zur Aufnahme von Belastungsmaterial angebracht sind. Um das Umspannen der Pferde zu vermeiden, was etwa 2—4 Minuten in Anspruch nimmt, sind die Walzen öfters mit der Drehdeichsel-Einrichtung versehen. Die in die erwähnten Kästen einzubringende künstliche Belastung wirkt vermehrend auf die gleitende Reibung an der Walzenachse; öfters ist der Walzcylinder beiderseits geschlossen und es kann Belastungsmaterial, insbesondere Wasser in denselben eingebracht werden. Die Länge des Walzcylinders beträgt gewöhnlich 1,1—1,4^{m}, sein äusserer Durchmesser 1,2—1,8^{m}, die Wandstärke 0,050—0,075^{m}. Das Gewicht der unbelasteten Pferdewalzen liegt zwischen 3 und 5 t, das der belasteten zwischen 6 und 8 t. Bei nicht ganz lockerer Bahn und mässiger Steigung derselben, kann man 1 Pferd für jede Tonne Walzengewicht rechnen. Die Geschwindigkeit der Bewegung ist 0,5—0,7 m/Sek. Die Anschaffungskosten betragen im Durchschnitt 1500—2000 Mk.

Maffei in München baut Walzen nach dem Drehdeichsel-System mit 1 Cylinder von 1,3^{m} Länge und 1,43^{m} Durchmesser; Gewicht ohne Wasserfüllung 5,2, mit Füllung 6,7 t. Die Maschinenfabrik von J. Wolff & Cie. in Heilbronn teilt die von ihr gelieferten Pferdewalzen in 3 Systeme ein, je nachdem die künstliche Belastung durch Füllung des Cylinders mit Wasser oder Sand, oder durch Einlegen von Eisenbarren, oder aber durch Einbringen von Beschwerungsgegenständen in einen am Gestell sitzenden Kasten geschieht. Dabei können Doppeldeichseln oder Deichseldrehvorrichtungen ausgeführt werden, auch Walzen mit Deichselüberschlagvorrichtungen werden gebaut. Ausser den im Katalog aufgeführten Walzen werden auf Verlangen auch Walzen nach gewünschten Maassen geliefert.

Bei einer besonderen Art von Pferdewalzen sind drei Cylinder von 0,75—0,80^{m} Durchmesser und 0,40—0,60^{m} Länge benützt; zwei derselben sind mit dem Obergestell verbunden, der dritte sitzt an dem drehbaren Vordergestell, so dass die Wendung auf 5—6^{m} breiten Strassen vorgenommen werden kann.

Die Dampfstrassenwalzen französischer Art besitzen 2 gleich lange Walzcylinder von gleichem oder ungleichem Durchmesser, die englischen Dampfwalzen dagegen 4 Cylinder, 2 hintere, in grösserem Abstande von einander angebrachte von durchschnittlich 1,5^{m} Durchm. und zwei vordere, enggestellte von 1,0—1,5^{m} Durchm., so dass von ihnen ein Fahrbahnstreifen von 2,0^{m} bestrichen wird. Breite der Walzmaschine 2—2,5^{m}, Länge etwa 5—6^{m}. Gewicht der leeren Walze gewöhnlich 10—23 t, Wasser- und Kohlengewicht 2—3 t. Die Dampfmaschine hat 10—30 Pferdestärken, Anschaffungskosten 10000—20000 Mk.

Dampfstrassenwalzen gestatten sehr bedeutende Arbeitsleistungen in kurzer Zeit ohne bedeutende Verkehrsstörung, sie sind auch auf stark geneigten Strassen anwendbar und eignen sich besonders zur Dichtung starker Decklagen aus hartem Gestein. Die mit Dampf gewalzten Strassen zeichnen sich durch besondere Dichtigkeit und Glätte

Digitized by Google

aus, sind sofort nach ihrer Fertigstellung dem schweren Verkehr zugänglich und erweisen sich dauerhafter, als die mit Pferdewalzen gedichteten Strassen. Als Voraussetzung für ihre Anwendung gilt jedoch, dass der Umfang der Walzarbeit im richtigen Verhältniss zu den Kosten der Dampfstrassenwalzen stehen.

Vor Einbringen des Schotters zieht man Schlamm und Staub von der zu beschotternden Fläche ab, haut zu beiden Seiten kleine Widerlagsflächen ein und sorgt dafür, dass die Schotterdecke gleiche Stärke durchaus erhält, indem man Vertiefungen für sich ausfüllt und Erhöhungen beseitigt. Die Länge der in Zusammenhang zu dichtenden Fläche kann bei Dampfwalzen viel kleiner sein als bei Pferdewalzen, wo sie mindestens mehrere hundert Meter betragen muss. Die Geschwindigkeit der Pferdewalzen beträgt 0,5—0,8^{m}, die der Dampfwalzen ist gewöhnlich nicht viel grösser. Das Festwalzen stärkerer Schotterlagen geschieht zuerst mit unbelasteten Walzen, deren Gewicht nach und nach gesteigert wird. Ist die Dampfwalze, wie gewöhnlich, nicht für künstliche Belastung eingerichtet, so muss unter Umständen mit mehreren Walzen von verschiedenem Gewichte gearbeitet werden. Die Dichtung erfolgt, von den Rändern der Strasse ausgehend, nach der Mitte hin. Erfolgt die Walzung bei trockenem Wetter, oder fällt nicht genug Regen, so ist für eine künstliche Nässung zu sorgen, wodurch sich die Kosten oft beträchtlich vermehren.

Bei vielen Schottermaterialien reicht der unter der Walze sich ergebende Abfall nicht hin, die Hohlräume zu füllen. Dann wird, sobald sich eine nahezu geschlossene Decke gebildet hat, oder die oberen Schotterbrocken unter der Walze zu leiden beginnen, steiniges Füllmaterial in dünner Lage aufgebracht, eingekehrt und vollends eingewalzt. Bei Kiesstrassen ist zur Erzielung einer Bindung der runden Kiesstücke nicht rein steiniges, sondern lehmiges Material erforderlich. Die mit Pferdewalzen gedichteten Fahrbahnen bedürfen noch längere Zeit einer sorgfältigen Ueberwachung, während die mit Dampfwalzen behandelten Bahnen sofort dem schweren Verkehre übergeben werden können.

Viele Erfahrungen über die Verwendung von Strassenwalzen, und zwar auf Landstrassen sind im letzten Jahrzehnt in Württemberg gesammelt worden.

Durch mancherlei Umstände waren viele der Staatsstrassen in Württemberg stark herunter gekommen und bedurften besonderer Anstrengung zu ihrer Wiederaufbesserung. Der erforderliche Kostenaufwand von 1 120 000 Mk. zur Wiederherstellung von 2695 km Strassen wurde auf 16 Jahre vertheilt. Zur Dichtung der 80—660 cbm Kleingeschläg für das Kilometer dienen hauptsächlich Dampfwalzen englischen Systems von verschiedener Grösse und verschiedenem Gewicht. Ueber die Ausrüstung der Dampfwalzen-Abtheilungen und die Organisation des Dienstes geben eine Abhandlung von Leibbrand in der Ztschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1890 und die Verwaltungsberichte der k. Württemb. Minist.-Abth. f. d. Strassen- und Wasserbau Aufschluss.

Es erschien zweckmässig, alle beim Walzgeschäfte vorkommenden Handarbeiten an eine wandernde Arbeitertruppe gegen jeweils zu regelnde Einheitssätze zu vergeben; so wurde beispielsweise bei Jurakalksteinen bezahlt:

Für Schlammabzug und Einhauen eines Widerlagers für den Schotter	10 Pf. für 1 m Strasse,
für Beifahren des Schotters sowie etwaigen Füll- und Bindematerials vom Lagerplatz, Einbetten desselben und Schablonieren der übrig gebliebenen Schotterhaufen	50 Pf. für 1 cbm Schotter,
für das Füllen der Wasserfässer und Einkehren des Wassers in die Fahrbahn . .	40 Pf. für 1 cbm Wasser,
für Wiederherstellung des Strassenquerschnittes an Borden, Fusswegen, Banketten und Lagerplätzen	10 Pf. für 1 m Strasse.

Als tägliche Leistung einer Dampfwalze von 14 t Gewicht wird

für Porphyr	20—40 cbm
« Basalt	40—60 «
« Granit, Aplit u. dergl., auch Gletscherkies	50 «
« Muschelkalk	50—80 «
« Jurakalk	40—60 «
« Grubenkies	30—70 «

gerechnet und die Zahl der Walztage im Jahre zu 180 angenommen.

Digitized by Google

Mit einer englischen Dampfwalze von Kuhn, Leergewicht 12,6, Dienstgewicht 13,9 t, Breite und Durchmesser einer Lenkwalze 0,58, bzw. 1,00^{m}, desgl. einer Triebwalze 0,46 bzw. 1,54^{m} und
mit einer englischen Dampfwalze von der Maschinenbau-Gesellschaft Heilbronn Leergewicht 12,8 bis 13,0, Dienstgewicht 14,0 t, Breite und Durchmesser einer Lenkwalze 0,608, bzw. 1,10^{m}, desgl. einer Triebwalze 0,41, bzw. 1,67^{m}
ergaben vergleichende Versuche Folgendes:

Schottermaterial	Walze von Kuhn			Heilbronner Walze		
	Eingew. Schotter im Tage zu 10 Stunden	Vergl. Dicke des Schotters	Walzenweg im Tage zu 10 Stunden	Eingew. Schotter im Tage zu 10 Stunden	Vergl. Dicke des Schotters	Walzenweg im Tage zu 10 Stunden
	cbm	cm	km	cbm	cm	km
Grubenkies	53,0	53	24,9	50,0	48	22,0
Jurakalk	45,3	81	23,1	44,9	78	22,0
Basalt	43,5	80	26,3	41,1	86	23,1
Muschelkalk	48,7	80	26,5	52,2	92	24,3

Die Materialkosten für Heizen, Schmieren und Putzen stellten sich für 1 Tag zu 10 Stunden, bei den beiden Walzen auf bezw. 12,09, 0,67, 0,58, zusammen 13,34 M. und 9,90, 0,83, 0,57, zusammen 11,30 M.

Leistungen der Württembergischen Dampfstrassenwalzen im Jahr 1890 bei Unterhaltungsarbeiten.

Material-Gattung.	Deckenstärke mm.	Arbeitsleistung p. St.			Aufwand in Pfennigen für das Walzen pro qm Strassenfläche und pro cbm Geschläg.									
		Strassenfläche qm.	Geschl.-Menge cbm.	Anzahl der Fahrten.	Führen der Walze.		Wasserführen.		Deckmaterial.		Handarbeit.		Kosten im Ganzen.	
					pro qm	pro cbm	pro qm	pro cbm	pro qm	pro cbm	pro qm	pro cbm	pro qm	pro cbm
Leistung von 7 gemietheten Dampfwalzen														
Granit . . .	56	35	4,8	82	7,5	133	2,2	39	—	—	7,0	124	16,7	296
Porphyr . .	60	58	4,0	206	11,0	159	2,5	36	2,3	33	7,1	104	22,9	332
Basalt . . .	85	42	3,6	232	14,9	175	2,6	31	0,7	8	7,5	89	25,7	303
Muschelkalk .	63	102	6,4	101	5,9	93	1,8	28	0,8	12	4,2	67	12,7	200
Fleinssteine .	55	111	6,1	72	6,1	111	1,7	30	0,3	5	4,0	74	12,1	220
Liaskalk . .	63	103	6,5	89	6,4	101	1,8	28	0,4	6	4,8	77	13,4	212
Weisser Jura .	60	62	4,1	109	9,3	154	2,1	35	0,9	15	3,5	58	15,8	262
Flusskies . .	55	63	3,5	144	10,1	182	2,4	44	0,7	13	2,5	45	15,7	284
Leistung von 3 staatlichen Dampfwalzen														
Granit . . .	59	103	6,1	79	4,3	72	2,2	38	—	—	4,8	81	11,3	191
Porphyr . .	56	87	4,9	93	5,1	90	2,5	45	1,1	20	4,8	85	13,5	240
Basalt . . .	84	42	3,6	184	6,8	81	2,4	29	1,1	13	4,4	52	14,7	175
Muschelkalk.	47	135	6,4	58	3,0	64	2,0	42	0,2	5	3,4	71	8,6	182
Liaskalk . .	79	83	6,6	134	3,5	44	2,8	35	0,8	10	4,5	57	11,6	146
Weisser Jura	62	88	5,5	97	4,3	69	1,4	23	0,8	14	3,6	58	10,1	164
Flusskies . .	55	62	3,4	144	4,7	84	2,4	44	0,7	13	2,5	45	10,3	186
Grubenkies .	45	106	4,8	134	4,1	90	1,6	35	1,6	36	4,3	95	11,6	256

Bei Zusammenstellung möglichst gleichartiger Strecken ergab sich, dass die Leistung der Dampfwalze bei hartem Geschläg 21%, bei weichem Geschläg um 41% grösser war als bei Verwendung von Pferde-

Digitized by Google

walzen, und dass die Kosten für 1 cbm fertiggewalzten Materials bei hartem Geschläg 36%, bei weichem 31% bei Dampfwalzen kleiner waren als bei Pferdewalzen.

Der Aufwand mittels Pferdewalzen ist bei kleineren, flickweise eingebrachten Ausbesserungen mit Porphyr, Basalt, Jurakalk u. Grubenkies für das cbm eingebrachten Schotters etwa 43% höher als beim Walzen ganzer Decklagen.

Die Selbstkosten der staatlichen Dampfwalzen haben sich 1888 für die Walzstunde auf 532 Pfg., für die Arbeitsstunde (Walz- und Beförderungszeit) auf 516 Pfg. gestellt, nämlich für Walzung an sich, Verzinsung und Tilgung, sodann Aufsicht bezw. 334, 108, 90 Pfg. und 324, 105, 87 Pfg.

Für die gemiethete Dampfwalze betrugen die Kosten für Miethe, sodann Verzinsung und Tilgung des zur Walze gehörigen Parkes, (auf 1800 Walzstunden vertheilt), endlich für Aufsicht, bzw. 720 + 21 + 86 = 827 Pfg. für die Walzstunde, und 625 + 20 + 84 = 756 Pfg. für die Arbeitsstunde.

Für die 1100 km der im Regierungsbezirke Wiesbaden gelegenen, unter ständischer Verwaltung stehenden Landstrassen wurde eine englische Dampfwalze von 12,5 t Dienstgewicht auf dem Wege der Ausschreibung miethweise erlangt. Nach dem auf 6 Jahre lautenden Vertrage sollte der Unternehmer bei jährlicher Leistung von 4500—9000 cbm erhalten: Für 1 Stunde Walzarbeit 3 M. (im 1. Vertragsjahre 3,50 M.); für 1 cbm Steinmaterial, unzerschlagen gemessen, einschliesslich des beim Sieben der Decksteine sich ergebenden Gruses oder Steinmehles einen Zuschlag von 0,25 M. (im 1. Jahre 0,30 M); für Beförderung der Walze von einer Arbeitsstrecke zur anderen 1 M. für jedes km der anrechnungsfähigen Zwischenbeförderung. Dabei war insbesondere vereinbart, dass für die täglich nothwendige Beförderung der Walze von und nach den zur nächtlichen Aufstellung dienenden Plätzen bis zur Arbeitsstelle und zurück ebensowenig etwas gezahlt wurde, als für die Frühstücks- u. s. w. Pausen. Dagegen wurde bei Berechnung der zu vergütenden Arbeitszeit der Aufenthalt zur Aufnahme von Speisewasser, insoweit diese an der Arbeitsstelle stattfand, nicht in Abzug gebracht. Auch wurden die Transporte der Walze von einer Strassenstrecke zur anderen, nicht mit ihr zusammenhängenden Strecke, für jedes km des deshalb von Mitte zu Mitte der fraglichen Strecken zurückzulegenden Weges vergütet, sobald die Entfernung von Mitte zu Mitte mehr als 2 km betrug.

Später wurden 3 Dampfwalzen englischer Art von 10, 15 und 18 t Gewicht verwendet und es erhielten die Unternehmer vertragsmässig für Inbetriebstellung der Walzen während einer Stunde wirklicher Arbeitszeit bzw. 3,00, 3,20 und 3,50 M. und für 1 cbm eingewalzten Schotter, als Bruchstein gemessen, bzw. 0,25, 0,27 und 0,30 M. und für Zwischentransporte überall 1 M. für 1 km Weglänge.

Die Zusammenstellung der Arbeitsergebnisse (Deutsche Bauz. 1886, S. 161, 170) zeigt, wie vorsichtig man im Allgemeinen beim Vergleich der Leistungen von Pferde- und Dampfwalzen sein muss. Interessante Ergebnisse traten hervor, als die verschiedenen Arbeitsstrecken nach Steigungs- und Verkehrsverhältnissen in Gruppen gebracht und solche, bei welchen sich absonderliche Umstände geltend gemacht hatten, ausgeschlossen worden waren. Wenn auch aus diesen Vergleichen hervorging, dass die Dampfwalzen nicht unter allen Umständen billiger als die Pferdewalzen arbeiten, so wurde doch mit Bestimmtheit angenommen, dass die mit Dampfwalzen gedichteten Fahrbahnen haltbarer sein werden, als die unter gleichen Verhältnissen mittels Pferdewalzen gedichteten Decklagen. Sicher sei, dass auf jenen ohne Anwendung von Sperrsteinen Gleisbildungen und Rollsteine nirgends wahrgenommen werden und dass dieselben eine merklich grössere Wasserdichtigkeit zeigen.

Man kam im Regierungsbezirk Wiesbaden auf Grund der damaligen Erfahrungen zur Aufstellung der Regel, dass über 100^{mm} starke Decklagen thunlich vermieden und solche von über 70^{mm} Stärke aus Hartbasalt, wenn möglich, mit der Dampfwalze behandelt werden sollen. Auch bewahrheitete sich hier die Regel, dass es sich empfehle, die Oberfläche der neu zu bedeckenden Strasse durch Ausfüllung der Vertiefungen und Abhauen von Erhöhungen so umzugestalten, dass die neue Decklage in gleichen Breitenstreifen möglichst gleiche Stärke erhält. Bei weicheren Gesteinsarten, namentlich wenn dieselben in Schüttungen von unter 70^{mm} Stärke zur Verwendung gelangen müssen, ebenso bei Strassen mit

Digitized by Google

nassem oder quelligem Untergrund wird von Dampfwalzen abgesehen. Bei 3697 cbm Hartbasalt (die Bruchsteine gemessen, das Steingeschläg nimmt etwa 10% mehr Raum ein) hat sich beim Einwalzen mit Pferdewalzen ein Durchschnittssatz von 99 Pfg. für 1 cbm als Walzkosten ergeben, mit Rücksicht auf Anschaffung und Unterhaltung der Walzen 110 Pfg., wobei die mittlere Breite der neugedeckten Strassen 4,97m, mittl. Schüttungsdicke 60mm, Durchschnitt der täglichen Arbeitsstunden 9,3 St., Zahl der in 1 St. wirklicher Arbeitszeit eingewalzten Basaltmengen 3,3 cbm, Kosten der Walzung für 1 St. wirklicher Arbeit 3,26 Mk., Durchschnittskosten für 1 Pferdetag 5,16 Mk. Die Walzungskosten, welche der Verwaltung durch Dichten von 23354 cbm Hartbasalt-Bruchstein durch gemiethete Dampfwalzen erwuchsen, betrugen durchschnittlich 122 Pfg. für 1 cbm, mittlere Bahnbreite 5,1m, mittlere Schüttstärke 81mm, tägliche Arbeitstunden 10,4, Zahl der in 1 St. wirklicher Arbeitszeit eingewalzten Basaltmenge 3,70 cbm, Walzkosten für 1 St. 4,50 Mk.

Kosten der mit Pferdewalzen ausgeführten Walzungen von 7503 cbm minderwerthiger Gesteine (Grauwacke, Porphyr. Taunusquarzit und Kieselschiefer) stellen sich durchschnittlich auf 97 Pfg. für 1 cbm Bruchstein, und auf 106 Pfg. mit Einschluss der Anschaffungs- und Unterhaltungskosten; mittlere Breite 4,6m, mittlere Stärke 46mm, tägliche Arbeitsstunden 9,7, in 1 St. eingewalzte Menge 3,61 cbm, Kosten 1 Walzstunde 3,34 Mk., eines Pferdetags 5,88 Mk.

Die der Verwaltung für 26695 cbm minderwerthiger Gesteine bei Dampfwalzen enstandenen Kosten betrugen 109 Pfg. für 1 cbm, Deckenbreite 5,3m, Stärke 87mm, Arbeitsstunde 10,4. In 1 St. durchschnittlich 4,10 cbm; Kosten 1 St. Walzarbeit 4,38 Mk. Alle diese Beträge waren niedriger wie die in frühen Jahren gezahlten, es erklärt sich dies aus den geringen Kosten für die Pferdegespanne und aus der grösseren Uebung des Aufsichts- und Arbeiterpersonals.

Die 10 t schwere englische Walze ergab bei Einwalzen minderwerthiger Gesteine in 1 St. 3,32 cbm als geringste, 4,50 cbm als höchste Leistung.

Die 15 t schwere englische Walze ergab bei Basalt als geringste stündl. Leistung 3,08 cbm, als höchste 5,82 cbm; bei minderwerthigem Gestein bzw. 3,90 und 8,42 cbm.

Die 18 t schwere englische Walze von Kuhn dichtete bei Basalt in 1 St. 2,34 und 4,70 cbm, bei minderwerthigem Gestein 5,31 und 5,93 cbm. Ihre geringe Durchschnittsleistung bei Basalt erklärt sich aus der grossen Stärke der Decken und aus dem lebhaften Verkehr auf den betreffenden Strassen.

Das Einwalzen von 1 cbm minderwerthigem Gestein kostete bei der 1. u. 2. Walze je 104 Pfg., bei der dritten 95 Pfg., während dieser Preis für 1 cbm Hartbasalt bei der 2. Walze auf 115 Pfg. und bei der dritten auf 128 Pfg. stieg.

Wird eine Walze nur für eine bestimmte Arbeit gemiethet, so kommen die Kosten höher. Beispielsweise kostete die 17, bzw. 19 t schwere Walze für die Strasse Stuttgart-Ludwigsburg für den Arbeitstag 60, für den Ruhetag 30 Mk.

Sehr ins Gewicht fallen unter Umständen die Kosten für künstliche Nässung während der Walzung; auf der vorstehend erwähnten Strasse betrugen sie 28 Pfg. für 1 cbm, oder 1,7 Pfg. für 1 qm Strassenfläche; für 1000 qm waren etwa 17 cbm Wasser nöthig.

Ausser den im Vorstehenden schon erwähnten Firmen seien noch H. Lamprecht in Jauer, De Dietrich & Cie. in Niederbronn, Königin-Marienhütte in Cainsdorf, K. & Th. Möller in Brackwede genannt, auch sei auf die Bezugsquellenliste am Schlusse des gehefteten Theils dieses Kalenders verwiesen.

Herstellung des Steingeschläges.

Maschinenbetrieb ist, im Grossen angewendet, billiger als Handbetrieb, bei letzterem aber wird im allgemeinen eine grössere Gleichmässigkeit nach Form und Grösse der Geschlägsstücke erzielt; öfters ist ein Theil des von der Maschine gelieferten Kleingeschläges nicht oder erst nach wiederholter Behandlung mit dem Schlägel zu Decklagen verwendbar.

Digitized by Google

Von Zerkleinerungsmaschinen sind namentlich die nach Blakely genannten im Gebrauche; die durch Keile verstellbaren Brechbacken bestehen aus Hartguss, die Maulweite beträgt gewöhnlich 35—50^{cm} auf 20—30^{cm}, die Excenterwelle macht etwa 150—300 Umdrehungen in der Minute; die Sortirung geschieht in Trommeln, welche durchschnittlich etwa 20 Umdrehungen in der Minute machen; die Betriebskraft ist 5—8 Pferdekräfte.

In Avricourt wurden mit einer solchen Steinbrechmaschine während 10 Arbeitsstunden in 1 Stunde 7 cbm aufgesetzte Kalksteine gebrochen, welche 5,2 cbm Schotter ergaben.

In Vormberg bei Sinzheim in Baden betrug die tägliche Leistung durchschnittlich 50—60 cbm Porphyrbreccie von 1518 at mittlerer Druckfestigkeit. Der am Ende der mit 20 und 50^{mm} weiten Löchern versehenen Trommel anfallende Grobschotter wird von Hand noch etwas nachgeschlagen. Das Produkt ist schiefrig, aber doch brauchbar für Strassenunterhaltungszwecke; der Abfall beträgt 15—20%. Die Selbstkosten für 1 cbm Geschläg (ohne Rücksicht auf Verzinsung und Tilgung der erstmaligen Einrichtungskosten) betrugen im Jahre 1884 3,94 Mk., nämlich 0,20 Mk. Bruchzins, 2 Mk. Steinbrechen und Schroten , 0,38 Mk. Beförderung der Steine aus dem Bruche zur Brechmaschine sammt Einlegen in dieselbe, 1,36 Mk. für Zerkleinern und Verbringen auf die Lagerplätze.

In Triebendorf in Bayern liefert eine Brechmaschine 1,25—1,50 cbm ziemlich gleichmässigen Schotter aus Säulen- und Kugelbasalt. Durch Sortirung mittels einer Trommel mit Löchern von 17, 35 und 45^{mm} Weite werden im Mittel 0,07 Grobschotter, 0,29 Normalschotter, 0,35 Feinschotter und 0,29 Abfall erhalten. Die Verkaufskosten betrugen Ende der achtziger Jahre, Bahnhof Wiesau: Grobschotter 4,20 Mk., Mittel- oder Normalschotter 5,50 Mk., Feinschotter 6 Mk., gereinigter Abfall 2 Mk., ungereinigter Abfall 1 Mk. das cbm.

Im staatlichen Basaltwerk Urach in Württemberg wird sehr harter und zäher Basalt verarbeitet. Der jährliche Bedarf an Ersatzstücken für den Steinbrecher beträgt etwa 4 Brechbacken an den Schwingel, 8 Brechbacken an das Rahmengestell, 4 Seitenkeile und 8 Knichebelplatten. Die Sortirung geschieht in Trommeln mit Drahtgeflechten von 10, 17, 45 und 60^{mm} weiten quadratischen Maschen aus Stahldraht.

Probewägungen haben ergeben, dass das Gewicht beträgt von 1 cbm Bruchsteine 1800 kg, Grobschotter (Maschenweite 60^{mm}) 1700 kg, Normalschotter (Maschenweite 45^{mm}) 1650 kg, Feinschotter (Maschenweite 17^{mm}) 1500 kg, Abfall (Maschenweite 10^{mm}) 1450 kg. Im Jahre 1888 wurden 7508 cbm Schotter hergestellt; hiervon waren 0,18 Grob-, 0,69 Normal-, 0,13 Feinschotter und 0,18 Abfall.

Die Herstellungskosten betrugen alles in allem für Station Urach für 1 cbm Maschinenschotter 6,61 Mk., für 1 cbm gereinigten Abfall 2,17 Mk.; die Verkaufspreise waren dagegen bezw. 8,0 und 2,4 Mk., wobei für das Anlagekapital eine Verzinsung von 4% in Rechnung gebracht, für die Maschinen 10%, für Gebäude und Geräthe 5% abgeschrieben wurden.

Das Quetschwerk Georgenau in Württemberg stand im Jahre 1893/94 305, und im Jahre 1894/95 303 Tage im Betrieb. Die von durchschnittlich 8 Mann bediente Maschine erzeugte im erstgenannten Jahre 7162, im anderen 7459 cbm Basaltschotter. Die Selbstkosten der Steinzerkleinerung betrugen in den beiden Jahren bzw. 1,20 und 1,04 Mk. für 1 cbm, wobei je 30 Pfg. als Entschädigung für die Ueberlassung der zum Betrieb der Maschine dienenden Wasserkraft eingerechnet sind. Die Anschaffungskosten der Ersatzstücke betrugen 924, bzw. 1026 Mk.

Die Selbstkosten für 1 cbm Basaltschotter, verladen auf Bahnhof Urach, berechneten sich auf 7,52 Mk., bzw. 7,94 Mk.

Die Verkaufspreise für 1 cbm waren festgesetzt im Jahre

1893/94	für	Schotter	ab	Urach	7,50	Mk.,	ab	Georgenau	6,50	Mk.
	„	Abfall	„	„	2,90	„	„	„	1,80	„
1894/95	„	Schotter	„	„	8,00	„	„	„	7,00	„
	„	Abfall	„	„	3,50	„	„	„	2,40	„

Aus der folgenden Tabelle ist Näheres über Maasse, Leistungen, Kosten u. s w. von Steinbrechmaschinen zu ersehen.

Digitized by Google

Steinbrechmaschinen
aus der Maschinenfabrik von Brinck & Hübner in Mannheim.

Modell-Nummer	I	II a	II b	III a	III b	IV a	IV b	V a	V b	VI
Brechmaulweite in mm	200 . 150	300 . 200	300 . 200	400 . 250	400 . 250	500 . 300	500 . 300	600 . 350	600 . 350	700 . 400
Zahl der Umdrehungen in 1 Min.	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
Durchschnittliche Leistung je nach eingestellter Spaltweite in kg/Stunde *)	1000 bis 2000	2000 bis 4000	2000 bis 4000	3200 bis 6500	3200 bis 6500	5000 bis 10000	5000 bis 10000	7500 bis 15000	7500 bis 15000	9000 bis 18000
Kraftverbrauch in Pferdestärken ungefähr	1—2	3—4	3—4	4—5 1/2	5—6	6—7 1/2	7—8	8—9 1/2	9—10	11—12
Betriebsriemenscheiben (Durchmesser) in mm	350	500	500	650	650	650	650	750	750	900
Betriebsriemenscheiben (Breite) in mm	Mit Fest- und Losscheibe					mit 2 festen Riemenscheiben				
	80	120	120	170	170	170	170	170	170	180
Raumverbrauch (Länge) in mm	1100	1150	1500	1800	1800	1850	1900	2250	2250	2800
Raumverbrauch (Breite) in mm	900	1100	1100	1600	1600	1700	1700	1900	1900	2000
Gewicht des Steinbrechers in kg ungefähr	850	1600	2700	3600	4750	4500	6300	5800	9300	11000
„ eines Fahrgestells dazu „	230	480	480	650	650	900	900	1000	—	—
„ einer vollständigen Siebtrommel	340	440	440	750	750	1025	1025	1350	1350	1570
Maasse d. Siebtrommel (Durchmesser) in mm.	500	600	600	700	700	800	800	900	900	1000
Maasse d. Siebtrommel (Länge) in mm.	1500	2500	2500	3000	3000	4000	4000	4500	4500	5000
Gewicht von 2 Brechbacken in kg	50	156	156	320	280	350	350	760	760	1080
Preis des Steinbrechers in R.-Mk.	600	1500	1250	2100	1780	2650	2300	3900	3300	4300
Preis eines vollständigen Fahrgestells, bestehend aus Achsen, gussstählernen Rädern, Drehschemel, Deichselhalter, ausschliesslich Deichsel in R.-Mk.	350	480	480	635	635	690	690	750	—	—
Preis einer vollständigen Siebtrommel, einschliesslich Zahnräder, Riemenscheiben und Lager in R.-Mk.	425	530	530	650	650	850	850	1090	1090	1325

Preise der Steinbrecher mit direktem Dampfbetriebe und Doppelsteinbrecher D. R. P. nach besonderer Uebereinkunft.
Sämmtliche Preise verstehen sich loco Mannheim einschl. Fundamentbolzen, Schraubenschlüssel, Schmierbüchsen u. Verpackung.

*) 1 cbm Kleingeschläg wiegt durchschnittlich etwa 1750 kg.

Digitized by Google

Andere Firmen, welche insbesondere auch Steinbrecher liefern, sind Jos. Pallenberg in Mannheim, Th. Groke in Merseburg und Louis Jäger in Köln-Ehrenfeld, eine Reihe anderer siehe in der Bezugsquellenliste am Schlusse des gehefteten Theils dieses Kalenders.

Naturstein-Pflaster.

Gepflasterte Fahrbahnen kommen besonders in Städten zur Ausführung, wo Chausseen grosse Unterhaltungskosten verursachen und durch Staub- und Schmutzbildung lästig fallen, doch auch ausserhalb der Städte sind sie in besonderen Fällen von Bedeutung.

Einen Uebergang von den Schotter- zu den Steinpflasterstrassen bildet das Steinschlag- oder Kleinpflaster von Gravenhorst für Landstrassen von mässigem Verkehr, wobei kleine, aus Bruchsteinen oder Findlingen einfach zugerichtete Pflasterstücke von 1/2 bis 1 kg Gewicht und 6 bis 8^{cm} Höhe über einer abgeglichenen Steinschlag- oder Kiesbettung und zwischen Bordsteinen oder chaussirten Streifen mosaikartig in einer dünnen Sand- oder Kiesschichte versetzt werden. Die Herstellungskosten des Pflasters einschliesslich Einbringung der Sandbettung, Wasserfahren und Rammen belaufen sich auf 40—45 Pf. für 1 qm; das Aufhacken und Einebenen des Unterbaues (bei alten Steinschlagbahnen) einschliesslich Richtens oder Neusetzens der Bordsteine kostet durchschnittlich für 1^{m} Strasse von 3,5—4^{m} Breite 50—60 Pf., das Festwalzen 25—30 Pf. Für die Herstellung von 1 cbm Pflasterstücken aus Findlingen wird in Hannover durchschnittlich 4—4,5 Mk. gezahlt. Einschliesslich Material kostet 1 cbm fertiger Pflastersteine in der Stader Gegend etwa 10—13 Mk. frei Bauplatz. Aus 1 cbm lassen sich etwa 10—11 qm Pflaster herstellen.

Sehr einfache Pflasterungen werden mit Bruchsteinen oder gespaltenen Flussgeschieben hergestellt, indem man diese von nahezu gleicher Grösse auswählt, einigermaassen zurichtet und mosaikartig in Sand oder Kies versetzt. Kopffläche 50—500 qcm, Höhe der Steine 10—20^{cm} beiläufig.

In grösseren Städten und überall dort, wo starke Angriffe auftreten, kommt Reihenpflaster zur Ausführung. Die Bettungsschichte für solches Pflaster wird aus gestampftem oder gewalztem Kleingeschläg, Kies oder Sand, zuweilen wie der Oberbau einer Schotterstrasse oder in Form einer Lage Cement- oder Asphaltbetons hergestellt. Das Mischungsverhältniss des Cementbetons verschieden, etwa 1 Raumtheil Cement, 2—3 Theile Sand, 4—6 Theile Kies oder Steingeschläg.

Die Bettungsschichte kommt auf den geebneten und abgewalzten Untergrund zu liegen. Wäre Ansammlung von Wasser unter der Bettung zu befürchten, so müsste für eine künstliche Entwässerung Sorge getragen werden.

Die Stärke der Bettung wechselt je nach den äusseren Umständen; als Durchschnittsmaass kann 0,20—0,25^{m} gelten.

Auf die nach der Strassenoberfläche abgeglichene Bettungsschichte kommt die Pflasterdecke. Wegen des Materials siehe »Wiederersatz der abgenutzten Fahrbahntheile«. Dasselbe muss genügende Druckfestigkeit, Zähigkeit und Abschleifungsfestigkeit besitzen, sich leicht bearbeiten lassen und unter der Verkehrseinwirkung nicht glatt werden. Mit Rücksicht darauf kommen für Pflasterungen hauptsächlich Granit, Diorit, Basalt, Porphyr, Trachyt, harte Sandsteine, endlich auch Kalksteine in Betracht. Die einzelnen Pflastersteine sollen nach Rauminhalt und Abmessung thunlich übereinstimmen. Die rechteckige oder quadratische Kopffläche wird eben zugerichtet, an den Seitenflächen sollen die Steine wenigstens einige cm zusammenschliessen, nach unten können sie gleichmässig schwach verjüngt sein; die Grundfläche soll parallel zur Kopffläche sein; bei sorgfältiger Ausführung in grossen Städten werden die Steine prismatisch auf ihre ganze Höhe gemacht, so dass ein- bis zweimaliges Wenden nach der Abnutzung möglich ist. Zur Erzielung von Kostenminderungen lässt man kleine Abweichungen von den vorgeschriebenen Maassen (+ 0,5 bis höchstens ± 1,5^{cm}), doch sollen die Grundflächen thunlichst gleich gross ausfallen.

Die Abmessungen der Pflastersteine werden durch die Grösse der Belastung beeinflusst, ausserdem kommt dabei in Betracht dass die Zugthiere mit ihren Hufen sicheren Halt in den Fugen finden sollen, besonders auf stark geneigten Strecken und solchen mit vorzugsweise schnellem Verkehr, auch ist die Härte des Gesteins zu berücksichtigen,

Digitized by Google

indem harte, wenig zähe Steine besonders leicht eine Abrundung der Kopffläche erfahren. Die letzteren Umstände verlangen ein geringes Ausmaass für die in der Fahrrichtung gelegene Breite des Steins, womit dann wieder eine Vergrösserung der Steinlänge zusammenhängt, wenn eine für die Belastung genügende Grundfläche vorhanden sein soll. Die Höhe wird im Allgemeinen um so grösser genommen, je grösser die Radlasten und je geringer die Widerstandsfähigkeit des Gesteins.

Dietrich, welcher in seinem umfassenden Werke »Die Baumaterialien der Steinstrassen« auch das Format der Pflastersteine sehr eingehend behandelt, bringt eine Zusammenstellung der in vielen Städten üblichen Maasse, wie auch der gültigen Lieferungsbedingnisse. Er gibt für die schmalen englischen Pflastersteine 7,5—9,0^{cm} als Breite, 15—38^{cm} als Länge, 15—23^{cm} als Höhe.

Dietrich macht folgende Vorschläge für die Grösse der Pflastersteine:

Druckfestigkeit in kg/qcm	Gesteinsart	Breite cm	Länge cm	Höhe cm
Grösser als 1200	I. Härteste Gesteine	10	22,5	15
Zwischen 800 und 1200	II. Mittelharte Gesteine	10	22,5	20
Kleiner als 800	III. Weicher, aber gleichmäss.	12	25	20
	oder falls dies billiger	18	18	18

Baumeister empfiehlt 8—18^{cm} Breite, je nach Raddruck, Härte und Steigung, ferner dementsprechend die Länge zwischen 2,5—1,0 der Breite, endlich die Höhe zu 15—20^{cm}, je nach Raddruck, Härte und Untergrund.

In München kommen an nicht unterwinkelten Pflasterstücken Würfel von 19^{cm} Seite, und für Steigungen Parallelepipede von 19^{cm} Höhe und einer Kopffläche von 19^{cm} Länge und 10—12^{cm} Breite zur Verwendung, ausserdem sogenannte unterhauene Würfel, gewöhnlich mit einer Kopffläche von 17/17 Seitenlänge und 15^{cm} Höhe, sowie unterhauene Stücke: Höhe 15, Breite 15—17, Länge 15—20^{cm}; bei beiden darf die Unterwinkelung nicht mehr als 1,5^{cm} betragen, so dass z. B. die ebene, quadratische Grundfläche der ersteren mindestens 14^{cm} Seite haben muss. Daneben kommen endlich drei- und fünfseitige Stücke, wie auch 1½fache Steine (Binder) vor.

Die Pflastersteine werden häufig in Sand versetzt; besteht die Bettungsschichte nicht selbst aus Sand, so wird eine Schichte von 3 bis 10^{cm} besonders aufgebracht, auf einer Bettung von Beton wird die Sandschichte nur einige Centimeter dick gemacht, wenn man die Steine nicht in Mörtel versetzt. Die Fugen zwischen den Steinen werden entweder auch eingesandet oder nur in ihrem unteren Theile mit steinigem Material gefüllt und oben mit künstlichem Asphalt ausgegossen, seltener kommt ein Verguss der Fugen mit Portlandcementmörtel vor. Die künstliche Asphaltmasse muss unter allen äusseren Verhältnissen fest, zäh und elastisch sein; ihr Einbringen in die Fugen soll bei trockenem Wetter erfolgen, nachdem diese entsprechend ausgekratzt worden. Die Weite der Fugen wird thunlich eng genommen, etwa 6—12^{mm}. Bei Verwendung von Steinen verschiedener Abmessung kommen in dieselbe Reihe nur Steine gleicher Breite. Die Reihen werden, insbesondere bei Verwendung schmaler Steine senkrecht zur Strassenachse gerichtet, sonst gewöhnlich unter 45° zu derselben und dabei entweder durchgreifend oder von beiden Seiten bis zur Mitte reichend und dort unter 90° sich treffend. Stehen die Reihen senkrecht zur Strassenachse, so genügen bei ganz regelmässigen Stücken zur Erzielung des Fugenwechsels mehrere Procente Binder (Steine von 1½facher Länge), während zum Anschluss der schiefen Reihen an Randsteine u. dergl. besondere drei- oder fünfeckige Stücke erforderlich werden.

Je geringer die Reihenbreite, je gleichmässiger das Korn und je besser die Bearbeitung der Steine, je dünner in Folge dessen die Fugen und je sorgfältiger dieselben ausgegossen sind, desto besser ist das Pflaster in hygienischer Beziehung und desto weniger geräuschvoll die Fahrt auf demselben.

Digitized by Google

Wenn die Steine auf eine stärkere Sandschichte zu stehen kommen, so versetzt man dieselben mit einer Ueberhöhung von mehreren Centimetern (3—1^{cm}) und rammt oder walzt sie auf die richtige Tiefe. Die Fugen werden mit Sand eingeschwemmt, gestopft und schliesslich wird eine dünne Sandschichte oben aufgebracht, welche zum Nachfüllen der Fugen dient.

Bei gewöhnlichem Pflaster genügen Handrammen von etwa 15 kg Gewicht. Je höher stehend die Pflasterart ist, desto stärker sollte die Kraftäusserung beim Rammen sein, in diesem Falle kommen öfters Rammen von verschiedenem Gewicht (25—50 kg) nach einander zur Verwendung; auch Ramm-Maschinen sind zuweilen verwendet worden.

Die Kreuzungsstellen gepflasteter Strassen sind bei rechtwinkeliger Ueberschneidung leicht zu bilden, wobei man darauf sieht, dass die durchlaufenden Fugen möglichst wenig mit der Richtung des Hauptverkehrs zusammenfallen. Bei schiefwinkeliger Kreuzung ist darauf zu sehen, dass die unvermeidlichen Zwickelstücke in beschränkter Zahl und thunlichst einfacher Form auftreten.

Die für Pflastersteine brauchbaren Bruchsteine werden im Steinbruche ausgesucht; dies erfordert für 1 cbm aufgesetzter fertiger Pflastersteine durchschnittlich 0,15 bis 0,10 Tagschichten eines Pflasterers, je nachdem es sich um Reihen- oder Mosaikpflaster handelt.

Das Zurichten der Pflasterstücke ergibt je nach der Art derselben und je nach der Beschaffenheit der Bruchsteine einen verschieden grossen Abfall an Material und erfordert ein sehr wechselndes Maass von Kraftaufwand. Im Durchschnitt braucht man für 1 cbm in Haufen gesetzter Pflastersteine bei Reihenpflaster 1,5, bei Mosaikpflaster 1,2 cbm Bruchsteine, und hat für das Zurichten der erstgenannten Sorte zu rechnen, bei weichen Gesteinen 0,75, bei mittelharten 1,25 und bei harten Gesteinen 1,75 Tagschichten eines Pflasterers, dagegen für Mosaikstücke bei weichen, mittelharten und harten Gesteinen bezw. 0,35, 0,55 und 0,75 Tagschichten eines Pflasterers.

Für das Aufschichten der Pflastersteine in messbare Haufen kann 0,075 Tagschichten eines Handlangers in Ansatz gebracht werden, und als Unternehmergewinn wird im Allgemeinen 0,1 der Gesammtarbeitsleistung gerechnet.

Die Zwischenräume im aufgesetzten Haufen Pflastersteine pflegt man gleich den Fugen der Pflasterdecke anzunehmen; hierfür ergibt 1 cbm aufgesetzter Pflasterstücke $\frac{100}{h}$ qm Strassenfläche, wenn h die Höhe der Pflastersteine in cm bedeutet. Für $h = 20$ und $h = 15^{cm}$ würden sich hiernach 5 bezw. 7 qm Strassenfläche berechnen.

Bei Steinpflasterungen rechnet man für jedes cm Sandbettungstiefe 0,01 cbm Sand auf 1 qm Pflasterfläche.

Kunststein-Pflaster.

In einzelnen Ländern werden Pflasterungen aus Klinkern hergestellt, d. s. aus passenden Thonsorten geformte und bis zur Sinterung gebrannte Steine von verhältnissmässig kleinen, in verschiedenen Gegenden verschiedenen Abmessungen, z. B. 23 : 11 : 5^{cm}. Dieselben sollen möglichst gleichmässig gebrannt, regelmässig in der Form und nicht verglast sein.

Die Unterbettung aus Kies oder Sand erhält je nach dem Untergrund eine Stärke von 25—50^{cm}, sie wird unter Nässen eingewalzt und sorgfältig abgeglichen, Borde zur Einfassung aus Natursteinen oder Klinkern werden in der Regel ausgeführt. Das Setzen der Klinker erfolgt reihenweise, senkrecht zur Strassenrichtung, mit regelmässigem Fugenwechsel, wobei die Steine auf die schmale Langseite gestellt werden. Nach dem Versetzen der Reihen werden die Fugen mit Sand eingeschlemmt und schliesslich eine Sandschichte aufgebracht, die in ganz geringer Stärke als Schutzschichte erhalten bleibt.

An Ueberlaufstellen oder belebten Wegübergängen sind „Stromlagen“ in der Art zu bilden, dass zwei benachbarte Klinkerscharen unter 45^0 gegen die Längenachse zusammenstossen. In scharfen Krümmungen werden die Reihen gewöhnlich in einem Winkel von 45^0 gegen den Krümmungshalbmesser gesetzt; hat man natürliche Steine, so verwendet man hier besser solche.

Für 1 qm Fahrbahnfläche sind je nach der Grösse der Steine 75 bis 100 Stück zu rechnen.

Digitized by Google

Mancherlei Abweichungen von der beschriebenen Ausführung zeigen die amerikanischen Backsteinpflasterungen.

Neben den Klinkern sind von Kunststeinen noch Schlackensteine zu erwähnen. Die Mansfeld'sche Kupferschiefer-Gewerkschaft z. B. hat neben Platten zum Belag von Fusswegen auch für die Fahrbahnen gegossene Würfel von 16^{cm} Seite mit den zugehörigen Binderstücken hergestellt.

Von sonstigen künstlichen Pflastersteinen seien noch die von Hess & Cie in Wurlitz im Fichtelgebirg genannt.

Cementstrassen.

In französischen Städten besonders wird auch Cementbeton zur Bildung von Strassenfahrbahnen verwendet. Auf den abgeglichenen Untergrund kommt eine Bettungschichte aus Schotter von genügender Stärke und auf diese der Beton in einer Dicke von 15—20^{cm} (1 Raumtheil Cement und 9 Th. steiniges Material). Alsdann folgt die eigentliche Deckschichte aus Cementmörtel (1 Th. Cement und 1 Th. nicht zu feiner, gewaschener Quarzsand) in einer Dicke von 2—5^{cm}. Einige Stunden nach der Herstellung wird die Fahrbahn mit einer Sandschichte bedeckt, die man nässt. Da man den Wagenverkehr erst nach einigen Wochen auf dem Beton selbst zulassen kann, erhält derselbe in der Zwischenzeit einen Bohlenbelag.

In Wien hat man mit einer ähnlichen Konstruktion, dem sogenannten Metallique-Pflaster, keine sehr guten Erfahrungen gemacht.

Holzpflasterstrassen.

Das Holzpflaster gilt heutzutage neben dem Asphaltbelag vorzugsweise als lärmdämpfendes Pflaster. Wie für diesen, so ist auch für eine Decke aus Holzklötzen eine tragende starke Betonunterlage nicht zu entbehren.

Diese Unterlage wird in der Regel aus Cementbeton gebildet in einem Mischungsverhältniss, dass das Aufsaugen von Feuchtigkeit aus dem Untergrunde ausgeschlossen erscheint (zwischen 1 : 6 und 1 : 9). Ihre Oberfläche wird genau nach der Strassenoberfläche mittels eines Cementmörtelüberzuges abgeglichen, ihre Stärke nach den Untergrundverhältnissen und der Verkehrsbelastung bemessen (15—25^{cm} im Allgemeinen). Eine Unterbettung unter dem Beton wird nothwendig, wenn die Bodenschichten nicht fest und durchlässig genug sind. Wird eine Schotter- oder Pflasterstrasse als Unterlage benützt, so hat der Beton den Zweck die Unebenheiten der bestehenden Strassenoberfläche auszugleichen und, ihre Stärke bemisst sich hiernach.

Als Material für die Holzklötze sind vielfach weiche, harzreiche Hölzer beliebt, welche öfter aus nordischen Gegenden bezogen werden; ausserdem kommen amerikanische Holzarten zur Verwendung; über das Buchenholz liegen bis jetzt keine günstigen Erfahrungen vor.

Eine Tränkung der Klötze mit fäulnisswidrigen Stoffen ist ziemlich allgemein üblich und es kommt öfter Theeröl zur Verwendung, das möglichst rein und frei von Theerzusätzen sein soll, ausserdem aber Zinkchloridlösung, rein oder carbolsäurehaltig.

In Amerika kommen theilweise cylindrische Klötze vor, bei uns nur vollkantige Parallelepipede. Bei Festsetzung der Abmessungen derselben kommt unter Anderem in Betracht, dass die zu erstrebende gleichmässige Dichtigkeit der Kopfoberfläche um so weniger erwartet werden kann, je grösser dieselbe wird, dass die Standfestigkeit der Klötze wesentlich von ihrer Höhe abhängig ist und auf eine gewisse Abnützung gerechnet werden muss. Die von verschiedenen Unternehmern gewählten Maasse stimmen keineswegs mit einander überein; häufig kommen Breiten von 8, Längen von 15—24 und Höhen zwischen 8 und 15^{cm} vor. Für London und Paris können 3, 9 und 6″ bezw. 7,6, 22,8 und 15,2^{cm} als Normalmaasse gelten. Bemerkenswerth ist, dass man in Paris an 15^{cm} Höhe, in Deutschland vielfach an 8 oder 10^{cm} festhält.

Die Klötze werden bei lothrechter Stellung der Fasern mit ihrer Länge senkrecht (oder schief) zur Strassenachse mit Fugenwechsel reihenweise zusammengeordnet. Zuweilen werden sie vor dem Versetzen theilweise in heissen Theer oder dergleichen eingetaucht. Jetzt werden die Klötze fast immer unmittelbar auf die Betonlage aufgesetzt und die früher übliche Verbindung der Klötze unter einander fällt weg.

Digitized by Google

Eine besondere Art der Verlegung findet bei dem „Platten-Holzpflaster“ (System Lorenz) statt, indem eine grössere Anzahl von Klötzen zu einer Platte dadurch vereinigt werden, dass jeder Klotz zwei wagrecht gebohrte Löcher erhält, durch welche verzinkte Drähte gezogen werden; die Fläche einer solchen Platte beträgt etwa 1/2 qm, die Theilung der Platte kann durch Zerschneiden der Drähte leicht bewirkt werden. Die Preise der Platten frei Station Friedrichsruhe betragen bei 10^{cm} hohen Klötzen 4,75 Mk., bei 8^{cm} Klotzhöhe 3,75 Mk., bei 6^{cm} (für Höfe, Durchfahrten) und 5^{cm} für Fusswege 3,0 Mk.

In derselben Reihe werden die Klötze dicht zusammengerückt, die Längsfugen zwischen zwei Reihen aber erhalten gewöhnlich eine bestimmte Weite ($3-10^{mm}$), welche man meist dadurch erzielt, dass man Lattenstücke von gleicher Stärke zwischenlegt. Als Dichtungsmittel der Fugen dienen getheerte Dachpappe und in Pech getauchte Filzstreifen, künstliche Asphaltmasse oder feiner Cementmörtel (1 Th. Cement, 2—4 Th. Sand), manchmal wird in den unteren Theil der Fugen eine Pechmasse und darüber Mörtel gebracht, manchmal werden auch die Fugen mit Steinsplittern gefüllt und alsdann künstlicher Asphalt eingegossen. Die berühmten Pariser Holzpflasterungen haben meist Cementfüllungen.

An den Rändern wird die Holzpflasterung durch je zwei parallel zur Strassenachse verlegte Klotzreihen begrenzt und neben den Randsteinen Fugen gebildet, die man mit erdigem Material ausfüllt.

Auf die fertige Holzdecke wird in manchen Städten eine dünne Schichte aus Theer und Pech und vor deren Erkaltung eine etwa $1{,}5^{cm}$ dicke Schichte aus feinem Kies oder scharfkantigem Sand aufgebracht; neuerdings öfters nur steiniges Material.

Bei dem sogenannten Kerr-Pflaster (Vertreter H. Lönholdt in Frankfurt a. M.) werden die getheerten Klötze ($8-10^{cm}$ hoch) unmittelbar auf den Beton gesetzt, die Fugen auf wenige Centimeter Höhe mit Asphalt und oben mit Cementmörtel ausgegossen.

Weiteres über Holzpflaster, namentlich auch Kosten, siehe: „Vergleich zwischen Asphalt- und Holzpflaster“.

Asphaltstrassen.

Asphalt (Erdpech) ist in fester Form eine pechähnliche Masse; Hauptbezugsort die Insel Trinidad nördlich vor der Orinokomündung, der dort gewonnene Asphalt enthält 20—35% erdige Beimengungen; ausserdem findet er sich noch an einigen anderen Orten, insbesondere auf Cuba. Der gewonnene Rohasphalt wird verflüssigt, um das in ihm enthaltene Wasser zu verdampfen und die erdigen Beimengungen zum Absetzen zu bringen, und der so gewonnenen Masse sodann, um ihre Sprödigkeit zu vermindern, entweder natürliches, aus bituminösem Sand oder Schiefer gewonnenes Bitumen oder die bei der Petroleumdestillation und der Paraffin-Bereitung erhaltenen Rückstände zugesetzt.

Asphaltstein ist ein von Asphalt oder Bitumen vollkommen durchtränktes Gestein, in der Regel Kalkstein. Von den verschiedenen Fundstätten haben insbesondere Bedeutung: Val de Travers im Kanton Neuchâtel, Seyssel-Pyrimont im französischen Rhonethal, St. Jean Maruéjols im Dép. du Gard, Lobsann im Elsass, Limmer in Hannover, Vorwohle in Braunschweig, Sicilien.

Die Brauchbarkeit des Gesteins hängt insbesondere von seiner Feinkörnigkeit ab, von der Art und Menge des Bitumens und von der Gleichmässigkeit, mit welcher dasselbe vom Bitumen durchtränkt ist.

Schmilzt man Asphaltstein unter Zusatz natürlichen Asphaltes und giesst die Masse in Formen, so erhält man den Asphaltmastix.

Die Verwendung des Asphalts für Strassenbauzwecke geschieht in Form von Stampf-, Guss- und Plattenasphalt. Am frühesten wurde Gussasphalt verwendet, nämlich schon in den dreissiger Jahren zu Paris und Lyon bei Herstellung von Fusswegen. Bei Strassenfahrbahnen erzielte man befriedigende Ergebnisse erst nachdem der Baseler Merian 1850 gelehrt hatte, Stampfasphaltdecken zu bilden; der Plattenasphalt für Fahrbahnen und Fusswege kam erst später auf.

Bei jeder der drei Formen wird eine dünne Decklage gebildet, welche zu ihrer Unterstützung eine starke Cement- oder Asphaltbeton-Unterlage bedarf, für welche Alles gilt, was schon bei den Stein- bezw. Holzpflasterstrassen gesagt worden ist. Nachdem der Beton hart und trocken geworden, kann das Verlegen der Asphaltdeke bei trockenem Wetter er-

Digitized by Google

folgen; würde das erhitzte Asphaltsteinpulver auf nassen Beton gebracht, so würde Wasser verdampfen und die Asphaltdecke porös machen, die sich auch noch bei Zudrang von Wasser nicht entsprechend verdichten würde. Das Asphaltsteinpulver also wird erhitzt, je nach dem Bitumengehalt auf 110—140° C., sodann auf dem Beton ausgebreitet. Das Aufschütten des Pulvers hat sorgfältig zu geschehen, um ungleiche Dichtigkeit und das Einbetten von Holzstücken u. dgl. zu vermeiden. Die Dichtung geschieht mit erwärmten Walzen und Stempeln und schliesslich wird die Fläche mit heissen Bügeleisen abgerieben. Wenige Stunden danach ist die Strasse betriebsfähig.

Weiter ist noch zu bemerken, dass man bei der Ausführung der Decke quer über die Strasse reichende Streifen von mehreren Meter Breite an einander reiht. Die Dicke der gedichteten Asphaltschichte beträgt bei Fahrbahnen 4—6^{cm}, bei Fusswegen 2—2,5^{cm}; die lockere Schichte erhält deshalb eine Ueberhöhung von etwa 50 %. Während des Betriebs der Strasse nimmt die Dichtigkeit noch langsam zu. Die Stärke der Asphaltdecke der Rue Bergère in Paris war in 16 Jahren von 6^{cm} auf 4,3^{cm} zurückgegangen, während die Gewichtsverminderung nur 5 % betrug. Dietrich hat das specifische Gewicht von eben hergestelltem Stampfasphalt zu 2,05 und 2,10, von Asphalt, welcher schon mehrere Jahre dem Verkehre ausgesetzt war, zu 2,25—2,35 gefunden.

Der Gussasphalt kommt jetzt gewöhnlich nur für Fusswege in Anwendung. Die zerschlagenen Mastixbrote werden unter Zusatz von Bitumen geschmolzen und mit Sand oder gesiebtem Kies innig gemengt, die Masse sodann mit eisernen Löffeln auf die Betonunterlage ausgegossen, mit Spachteln geebnet und gedichtet, schliesslich feiner Sand oder Steinmehl aufgetragen und mit hölzernen Hobeln eingerieben.

Die Menge des dem Mastix zuzusetzenden Bitumens und Kieses wechselt mit dem Bitumengehalt desselben und den klimatischen Verhältnissen. Die Decke soll im Sommer nicht zu weich, im Winter nicht bröckelig werden. Der Kies und Sand, gleichförmig, nicht viel über Linsengrösse, wird vor der Verwendung gewaschen und getrocknet.

Auch hierbei wird die Asphaltmasse in Streifen aufgebracht, bei Fusswegen von 1,5—2,0^{cm} Dicke; stärkere Schichten gewöhnlich in zwei Lagen. Der Rand des zuletzt verlegten Streifens muss vor Anschluss des nächsten erweicht werden; auch beim Anschluss der Asphaltdecke an Konstruktionstheile aus anderem Material sollen diese erwärmt werden.

Eine dritte Art von Asphaltirung besteht darin, dass man fertige gepresste Asphaltplatten von regelmässiger Form auf dem Beton in Verband verlegt und die Fugen zwischen denselben entweder durch Verstreichen mit Asphaltmastix oder aber dadurch dichtet, dass man Asphaltsteinpulver einstreut. Damit die Platten satt aufliegen, erwärmt man sie vor dem Verlegen oder legt sie in eine dünne Schichte Sand oder Asphaltsteinpulver.

Plattenasphalt ist dort von Vortheil, wo Geschäfte zur Ausführung von Stampf- und Gussasphalt nicht bestehen und es sich nicht verlohnt, grössere Vorbereitungen zu treffen, oder wenn Gründe gegen die Vornahme der zur Herstellung von Stampf- oder Gussasphalt erforderlichen Einzelarbeiten sprechen. In Deutschland hat sich z. B. Kahlbetzer in Deutz 1878 die Anfertigung von Asphaltplatten patentiren lassen.

Besondere Sorgfalt verlangt der Anschluss der Asphaltdecken an die Gleise der Trambahnen. Dieselben werden nicht bis unmittelbar an die Stränge geführt, sondern dazwischen Streifen aus Stein- oder Holzpflaster oder auch Steinschwellen angebracht.

Man hat vielfach versucht, Ersatzmittel für den natürlichen Asphaltstein zu gewinnen, welche billiger zu stehen kämen als dieser, ohne dass man aber bis jetzt zu einem befriedigenden Ergebnisse gelangt wäre. Zu erwähnen sind hier Dietrich's deutscher Stampfasphalt, sowie ein anderer deutscher Stampfasphalt, das Gummipflaster von Busse.

Der vielfach genannte Barberasphalt hat ebenfalls bisher in Europa keinen Erfolg gehabt, während er in Amerika seit Ende der siebziger Jahre bis 1893 in 35 Städten eine Ausdehnung von 5½ Millionen qm erlangte.

Die Masse für die Decklage des in Amerika „Trinidadasphalt pavement" genannten Pflasters besteht dem Gewichte nach aus 12—15 % gereinigtem und mit Rückständen der Petroleum Raffinerie versetztem Trinidadasphalt (Asphaltic cement), 83—70 % Sand und 5—15 % gepulver-

tem Kalkstein, welche Theile nach Erhitzung der beiden ersten in besonderen Apparaten gründlich gemischt werden. Die Mischungsverhältnisse wechseln übrigens je nach der Art des verwendeten Sandes und dem Klima.

Die Ausführung der Decklagen erfolgt ganz ähnlich wie die des gewöhnlichen Stampfasphaltes, nur wird zuletzt noch eine schwere Dampfwalze verwendet.

Als besonderer Vortheil der Barberasphaltdecken wird die geringere Glätte hervorgehoben.

Weiteres über Asphaltstrassen, insbesondere auch über Kosten u. dgl. siehe: „Vergleich zwischen Asphalt- u. Holzpflaster".

Asphaltbeton- (Pechschotter-) Strassen.

Um die gewöhnlichen Steinschlagstrassen namentlich hinsichtlich der Staub- und Schmutzbildung zu verbessern, hat man zuweilen die Zwischenräume der Geschlägsstücke mit natürlichem Asphalt oder mit einer künstlichen Mischung aus Steinkohlentheerpech und Kreosotöl oder auch mit Steinkohlentheer mit Pechzusatz ausgefüllt.

Bei der Ausführung wird das erwärmte Kleingeschläg, das keine allzu grosse Härte haben soll, mit der bituminösen Masse gemischt, aufgebracht und durch Stampfen oder Walzen gedichtet, oder auch für sich eingebettet, sodann im trockenen Zustande mit Theer ausgegossen und schliesslich unter Zugabe von Steinsplittern abgewalzt.

Hierher gehört auch der sogenannte Granitasphalt.

Vergleich zwischen Asphalt- und Holzpflaster.

Verschiedene bisher nicht besprochene Verhältnisse werden sich bei einem Vergleich zwischen Asphalt- und Holzpflaster klarstellen lassen, im Uebrigen wird noch auf die Unterhaltung der Strassen verwiesen.

Ein Strassenmaterial für Grossstädte soll den Lärm dämpfen, wenig Staubentwickelung veranlassen und keine Gelegenheit zur Ansammlung fäulnissfähiger Stoffe geben. Holz dämpft den Lärm besser wie Asphalt, jedenfalls hinsichtlich des Pferdegetrappels, dagegen verdient letzterer den Vorzug im Hinblick auf die Abnützung und den Umstand, dass er keine Fugen besitzt und undurchdringlich für Flüssigkeiten ist.

Bei weniger sorgfältiger Ausführung und Unterhaltung des Holzpflasters treten dessen Eigenschaften, Flüssigkeiten aufzusaugen und in die Fugen aufzunehmen, jedenfalls sehr merklich hervor; für Aufstellungsplätze von Droschken etc. ist Holzpflaster ungeeignet. Neuordings ist man nach den Erfolgen der Pariser und Londoner Ingenieure zu einer wesentlichen Verbesserung gelangt, so dass die Hoffnungen auf das Holzpflaster wieder neu belebt wurden; immerhin sind aber die Erfahrungen in Deutschland erst noch zu vervollständigen und vielleicht wird man sich entschliessen müssen, Holzpflaster bei uns aus hygienischen Gründen früher auszuwechseln, als es sonst nothwendig erschiene.

Von grosser Bedeutung ist es, dass auf glatten Bahnen die Stösse und Erschütterungen der Fahrzeuge und die zu ihrer Fortbewegung erforderlichen Zugkräfte vermindert werden.

Im Jahre 1865 hat Léon Malo für Paris eine Ersparniss von 6,8 Millionen Mark, in den siebziger Jahren Weise und Gottheiner für Berlin einen Nutzen von rund 3 Millionen Mark ausgerechnet für den Fall, dass Asphalt-, Holz- und gutes Granitwürfelpflaster an Stelle des alten schlechten Steinpflasters treten würde. Im Einzelnen hatten sich Sachverständige dahin ausgesprochen, dass die Kosten des Hufbeschlags bei Verwendung eines guten Granitpflasters sich um 15 %, bei Einführung von Asphalt aber um 33⅓ % gegen den bisherigen Betrag vermindern würden. In Betreff der Nutzungsdauer der Pferde glaubten diese Gewährsmänner eine Verlängerung derselben um ¼ bis ½ in Aussicht stellen zu können. Auch die Reparatur- und Abnützungskosten der Fahrzeuge nahmen dieselben jährlich um ⅓ bis ½ geringer an. Diese Annahmen sind in der Hauptsache auch durch die Erfahrung bestätigt worden.

In dieser Hinsicht gewähren Asphalt und Holzpflaster grosse Vortheile, besonders ersterer bei seiner Ebenheit und Glätte. Dagegen tritt die Glätte als eine Hauptschwäche der Asphaltstrassen unter Umständen sehr stark hervor, besonders wenn der Staub durch einen leichten Regen oder Nebel in Schlamm verwandelt wird. Wesentlich bessern lässt sich dieser Umstand durch grosse Reinlichkeit, insbesondere durch Waschungen, dann durch Sandstreuen.

Digitized by Google

Die Erfahrung lehrt, dass die Zahl der vorkommenden Pferdestürze in dem Maasse abnimmt, als die in Zusammenhang stehenden asphaltirten Strassen an Ausdehnung zunehmen und je seltener Uebergänge zwischen verschiedenen Belagsarten stattfinden.

Bei Frostwetter zeigen auch Holzpflasterungen öfters grosse Glätte, was sich z. B. besonders zwischen den Schienen der Trambahngleise fühlbar macht.

Als Grenzwerth des zulässigen Steigungsverhältnisses wird bei Asphalt öfters 1:60 festgehalten, zuweilen 1:75 bei starkem und 1:65 bei geringerem Verkehr (in London kommen einzelne stärkere Steigungen vor), zwischen den Schienen der Pferdebahngleise ist Asphalt höchstens noch bei 1:100 anwendbar.

Für Holzpflaster nimmt Stayton als grösstzulässige Steigung 1:20 an, in Deutschland wird öfters 1:40 festgehalten. Der Vollständigkeit halber sei endlich noch bemerkt, dass im Winter, wenn der Schnee auf der Strasse liegen bleibt, die geringe Querneigung der Asphaltbahnen angenehm empfunden wird.

Im Allgemeinen kann man sagen, dass sich für den schweren langsamen Verkehr Asphaltbelag, für den schweren schnellen Verkehr Steinpflaster mit schmalen Reihen und für den leichten, schnellen Verkehr Holzpflaster am besten eignet.

Bei Asphaltstrassen lassen sich die Flickarbeiten ohne wesentliche Störung des Verkehrs durchführen und eine gänzliche, die Sperrung der Strasse bedingende Erneuerung der Decke kommt nur in längeren Zwischenräumen vor, während bei Holzpflaster durchgreifende Ausbesserungen unter gleichen Verhältnissen öfters vorkommen und schon die Flickarbeiten stärkere Störungen bedingen.

Eine ausschlaggebende Bedeutung bei der Wahl der Belagsart haben deren Kosten, doch ist es schwer, einigermaassen zutreffende Angaben im Allgemeinen zu machen, weil eine grössere Zahl verschiedenartiger Umstände dabei in Betracht kommen, deren Einfluss nicht immer genau genug festgestellt werden kann.

Einiges ist unter „Angaben über Arbeitsaufwand und Kosten“ zu finden.

Fusswege, Sommerwege, Reitwege.

Die Konstruktion der Fusswege der Strassen ausserhalb der Städte ist höchst einfach, desgleichen diejenige städtischer Prachtstrassen innerhalb der Anpflanzungen; viel mehr Sorgfalt verlangt die Befestigung der eigentlichen Bürgersteige.

Für Pflasterungen derselben mit Natursteinen gilt in der Hauptsache das für Fahrbahnen Gesagte, nur dass die Pflastertücke, den geringeren Angriffen entsprechend, nicht vollkantig und in kleineren Abmessungen mit Kopfflächen von 8—14^{cm} Seite und starker Verjüngung nach unten zur Verwendung kommen.

Bei Mosaikpflaster aus kleinen pyramidenförmigen, in feinem Sand mosaikartig versetzten Stücken von etwa 5—10^{cm} Seitenlänge werden unter Zuhülfenahme von Lehren Figuren gebildet.

Ausserdem kommen Natursteine, namentlich Granit, Kalk- und Sandsteine, sowie trachytische Gesteine in Plattenform zur Verwendung in quadratischer oder rechteckiger Form, oft von sehr bedeutender Seitenlänge. Die Dicke der Platten wechselt je nach der Grösse etwa zwischen 5 und 15^{cm}, die Verlegung erfolgt gewöhnlich in Mörtel.

Besonders häufig kommen für Fusswege plattenförmige Kunststeine in Verwendung. In Gegenden, wo Klinker üblich sind, bildet man aus ihnen einen Belag, indem man sie zwischen hochkantig gestellten Einfassungsreihen flach in Mörtel oder Sand verlegt.

In anderen Gegenden stellt man gebrannte Thonplatten her, häufig in quadratischer Form mit 15—22^{cm} Seitenlänge und 3—5^{cm} Dicke, die obere Fläche glatt, gerippt u. dgl. m. Unter vielen Bezugsorten seien nur Grosshesselohe bei München, Mettlach, Degerloch bei Stuttgart, Neustadt in der Pfalz, Stettin, Charlottenburg genannt. Als Unterlage für solche Platten dient, wenn der Untergrund nicht sehr fest und gleichmässig ist, eine Bettung von Sand, Kies, liegenden Backsteinen oder Beton, auf welchen die Platten in Mörtel versetzt werden; Ausgiessen der Fugen mit Cement.

Aehnliches gilt für Schlackenplatten und Cementplatten; letztere erhalten gewöhnlich grössere Abmessungen (Der Portlandcement und seine Anwendungen, Berlin 1892) und werden in Kalkmörtel versetzt.

Digitized by Google

Von zusammenhängenden Decklagen sind Asphalt- und Cementbeläge für Fusswege von Bedeutung. Gussasphalt kommt häufiger vor als Stampfasphalt, letzterer besonders dort, wo stärkere Angriffe auftreten, auch Plattenasphalt kann zur Ausführung kommen. Die Betonunterlage bei Fusswegen wird 5—15^{cm}, die gegossene oder gestampfte Decke 1,5—2,5^{cm} stark gemacht, Platten erhalten eine Dicke von etwa 3^{cm}. Die Gussmasse wird durch Schmelzen des Mastix mit wenig Bitumen und durch Mengung mit 40—60% (dem Gewichte nach) feinem Kies erzielt; die Mischungsverhältnisse je nach dem Klima wechselnd.

Cementbeläge werden wie bei Fahrbahnen hergestellt. Unterlage eine 10—15^{cm} dicke Schichte mageren Betons (1 Raumtheil Cement, 8—10 Th. Sand und gereinigter Kies oder Steinschlag), auf welche noch vor ihrer Erhärtung eine Schichte von 1,5—3,0^{cm} Höhe (1 Cement, 1 Sand) aufgewalzt wird. Zur Vermeidung von Rissen die Streifen des Beton nicht über 2^{m} breit, als bleibende oder vorübergehende Fugeneinlagen Dachpappe, Holzleisten und Blechstreifen, zuweilen auch statt Streifen rechteckige Felder gebildet; die Oberfläche durch künstliche Fugen (3^{mm} tief) eingetheilt oder mittelst gezahnter Walze gerauht. Nach Abbinden des Cements eine Sandschicht aufgebracht, die angenässt einige Tage auf dem Cement verbleibt; danach der Fussweg dem Verkehr übergeben.

Bei gutem Wetter lassen die üblichen Belagsarten der Fusswege wenig zu wünschen übrig, nur Schlackensteine werden allmählich glatt; bei nebligem Wetter und Schneefall werden Granit- und Cementplatten besonders glatt.

Wenn Gas- und Wasserleitungen unter den Fusswegen liegen, so ist die Herstellung eines undurchlässigen Belags auf die ganze Breite des Fussweges nicht rathsam; es sollte wenigstens ein Streifen von 0,5^{m} Breite mit durchlässiger Pflasterung versehen werden.

Ueber Kosten von Fusswegbelägen siehe den letzten Abschnitt: Angaben über Arbeitsaufwand und Kosten.

Nebenanlagen der Strassen.

Prell- oder Abweissteine, unbearbeitete oder auch prismatisch zugerichtete Natursteine, welche in gegenseitigen Abständen von 2—5^{m}, wenig innerhalb des Strassenrandes eingegraben werden, so dass sie 0,4—1,0^{m} über die Strassenoberfläche hervorragen.

Geländer ganz aus Holz empfehlen sich, wo dieses Material leicht zu beschaffen ist; es werden entweder nicht entrindete Stücke sowohl für die Pfosten wie auch die wagrechten Riegel verwendet, wobei diese an jene angeblattet und mit Nägeln befestigt werden, oder man benützt beschlagene Hölzer, die Pfosten und die darüber liegenden Holme in Stärken von 0,18/0,20^{m}, die eingezogenen oder ebenfalls angeblatteten Riegel in verschiedenen Stärken je nach ihrer freitragenden Länge.

Vielfach kommen Pfosten aus Natur- und Kunststein (Höhe 1,2^{m}, Querschnitt bei sehr festem Material 0,20/0,30^{m}) und zwischen ihnen ein oder zwei beschlagene Hölzer, eiserne Röhren oder T-Eisen zur Verwendung.

Auf Mauern und Brücken aus Stein empfehlen sich vor Allem Brüstungen aus Bruchstein- oder Ziegelmauerwerk mit Abdeckung von Beton- oder Steinquadern. Solche Brüstungen werden in Stärken von etwa 0,4—0,6^{m} bei einer Höhe von mindestens 1,0^{m} voll oder durchbrochen ausgeführt.

Lebende Zäune und Hecken aus Fichtenpflanzen, Schleedorn u. dgl., wobei die jungen Stecklinge in mehreren Parallelreihen versetzt werden, erhalten bis zu deren Erstarkung eine Unterstützung durch leichte Holzgeländer.

Die Anpflanzung von Bäumen an den Seiten einer Landstrasse dient vor Allem zur Sicherung des Verkehrs, dann aber auch zur Erzielung von Annehmlichkeit und eines schönen Eindruckes. Dieselben bieten den Schutz der Abweissteine und kennzeichnen die Strassenrichtung bei Nacht, nach Schneefall und unter Umständen bei Hochwasser, daneben gewähren sie Schatten und liefern einen nicht zu unterschätzenden Ertrag an Früchten oder Holz. Diesen Vorzügen gegenüber treten die Nachtheile, dass der Schatten der Bäume das Austrocknen der Strasse verzögert und ungünstig für die bebauten angrenzenden Flächen ist, in den Hintergrund.

Digitized by Google

Bei genügend breiten Bermen kommen die Bäume gewöhnlich innerhalb des Strassenrandes zu stehen, zuweilen werden die Fusswege, um den Verkehr nicht zu beschränken, um einige Decimeter verbreitert oder es wird nur für jeden Baum eine halbkreisförmige Anschüttung hergestellt. Bei schmalen Strassen, niedrigen Dämmen oder seichten Einschnitten können die Bäume auch an den Fuss der Böschungen zu stehen kommen. Die Tiefe der Baumgruben wird im Durchschnitt 1,0^{m} betragen, der Durchmesser derselben gewöhnlich mehr als 1,0^{m}, ihre Oberfläche soll 0,1^{m} über der Oberfläche des Fussweges liegen; der gegenseitige Abstand der Bäume 5—15^{m}, je nach ihrem Wuchs oder auch mit Rücksicht auf die Sicherheit, welche sie den Fuhrwerken gewähren sollen.

Für die zu wählende Baumart ist vor Allem Bodenbeschaffenheit und Klima maassgebend, ausserdem das gute Aussehen, besonders bei städtischen Strassen. Für Landstrassen kommen namentlich Obst- und Waldbäume, für die Stadt insbesondere Ahorn, Linde, Esche, Kastanie in Betracht.

Eine besonders sorgfältige Behandlung verlangen Baumpflanzungen in den Städten, weil sie hier unter besonders ungünstigen Umständen bestehen, vor Allem müssen die Bäume eine reichlichere Humusschichte als an den Landstrassen erhalten und dürfen in nicht zu jugendlichem Alter eingesetzt werden. Die Belagdecke der Strasse darf keinesfalls über die Baumgruben reichen, diese wird mit durchbrochenen Eisenplatten oder mit einer Kies- oder Rasenschichte abgedeckt. Die Gasrohre müssen thunlich weit von den Bäumen verlegt und mit Lüftungsvorrichtungen versehen werden.

Zum Schutze der Baumstämme dienen auf dem Lande bezw. in der Stadt Pfähle und Ummantelungen aus Holz (Dornen) oder mit besonderer Rücksicht auf gutes Aussehen aus Drahtgeflecht, Eisenstäben, durchbrochenem Eisenblech u. dgl. von etwa 2^{m} Höhe.

Ueber die Stellung der Baumreihen in den städtischen Strassen war schon beim Querschnitt derselben die Rede; bemerkt muss noch werden, dass die Bäume nicht zu nahe an die Randsteine gesetzt werden sollen, damit diese nicht beim Wachsthum der Bäume Verschiebungen erleiden; zuweilen wird der Abstand von 1,0^{m} festgehalten.

Laternenpfosten stehen häufig dicht am Randstein.

Auch Einfriedigungen erhalten in den Städten und deren Umgebung eine, ästhetischen Anforderungen entsprechende Ausbildung.

Ueber Baumpflanzungen, Sicherheitsanlagen etc. siehe noch die Bestimmungen für die Anlage der preussischen Staatsstrassen S. 129.

Unterhaltung der Strassen.

Die Unterhaltung der Strassen erfordert eine Summe von Thätigkeiten zu dem Zweck, dieselben in allen ihren Theilen in solchem Zustande zu erhalten, dass den Verkehrsansprüchen dauernd möglichst gut Genüge geleistet wird. Es handelt sich dabei um die Beseitigung aller Art Abnützung und Beschädigung, wie solche beim Verkehr, durch Witterungseinflüsse und sonstige Umstände hervorgerufen werden, durch gewisse technische Leistungen, dann aber auch um vorbeugende administrative Maassregeln, durch welche jede Benützung der Strasse hintangehalten werden soll, welche nach allseitiger Beurtheilung mehr Schaden als Nutzen bringen würde.

Von letzteren war theilweise bei Besprechung der Fuhrwerke die Rede, als Verordnungen über Radfelgenbreiten und Achsbelastungen u. dgl. m. angeführt wurden. Hier kommen hauptsächlich die technischen Maassnahmen in Betracht, welche immer einen bedeutenden Kostenaufwand verursachen.

Derselbe stellt sich sehr verschieden je nach der Art und Grösse des Verkehrs, der Linienführung und Konstruktion der Strasse, der Sorgfalt und der Methode, nach welcher die Unterhaltung erfolgt, den klimatischen Verhältnissen und den Lohnsätzen.

Es ist schon bei anderer Gelegenheit betont worden, dass eine ungünstige Lage der Strasse an Hängen, welche Wind und Sonne nicht ausgesetzt sind, oder in Wäldern, wo ebenfalls das Austrocknen derselben langsam vor sich geht, sehr deutlich im Unterhaltungsaufwande zum Ausdruck komme, dass ebenso die Längsgefälle der Strasse in dieser Beziehung von merklichem Einflusse seien, desgleichen der Umstand, ob eine Schotterstrasse künstlich gedichtet wird oder nicht.

Jedenfalls kommen hierbei nicht unbedeutende Summen in Betracht.

Digitized by Google

In Bayern waren im Jahre 1894 vom Staate 6825 km Strassen zu unterhalten. Hierfür waren veranschlagt für

Grundentschädigung der Materialgruben .	14079	Mk.
Deckmaterial	1408727	«
Schlamm- u. Staubabziehen, sowie Einbetten	208084	«
Schlammabfuhr	24042	«
Regulirung der Fussbänke und Gräben . .	37114	«
Kleinere Brücken und Durchlässe	105453	«
Stützmauern und Böschungspflaster . . .	18276	«
Ortspflaster und Nebenanstalten	243605	«
Werkzeuge	33856	«
Zusammen .	2093236	Mk.

Im Anschlage für die Finanzperiode 1896/97 waren von 6821,8 km Strassen 6771,4 als chaussirt, 50,4 km als vollständig gepflastert aufgeführt. Von ersteren waren rund 40% mit hartem, 60% mit weichem Material beschottert. Die Gesammtkosten der Unterhaltung für 1 Jahr betrugen 2280160 Mk., also die Kosten für 1 km 334 Mk. Hierin sind jedoch die Löhne der Strassenwärter nicht inbegriffen. Für das ganze Strassennetz sind 1089 Wärter aufgestellt, deren jeder durchschnittlich 6¼ km zu versorgen hat.

In Württemberg z. B. betrug der kilometrische Aufwand für die ordentliche Unterhaltung der Staatsstrassen in dem Rechnungsjahre 1894/95:

für Material sammt Steinbrüchen, Kiesgruben, Schlammablagerungsplätzen und Zerkleinerung	309	Mk.
für Strassenmeister	36	«
für Strassenwärter	195	«
für Taglohn-Arbeiten	42	«
für Prämien der Wärter	7	«
für Walzen	65	«
im Ganzen durchschnittlich .	654	Mk.

Auf das Kilometer und 100 Zugthiere ausgeschlagen, betrug der Aufwand 292 Mk.

Weiter betrug im genannten Jahre der kilometrische Aufwand für besondere Ausbesserungen an den Staatsstrassen, nämlich

für Ausbesserungen an Böschungen, Nebenwegen, Mauern u. dgl. durchschnittlich	17	Mk.
für Ausbesserungen an Brücken und Dohlen . .	7	«
« « « Schranken, Dämmen, Ufern	0,82	«
« Unterhaltung der Kilometersteine und Bäume	6	«
im Ganzen durchschnittlich .	31	Mk.

Die Länge der vom Staate unterhaltenen Staatsstrassen war im Rechnungsjahre 1894/95 2725,073 km. Am 1. Januar 1895 waren 33 Strassenmeister angestellt, von welchen jeder eine Strassenstrecke von durchschnittlich 82,6 km Länge zu beaufsichtigen hatte; die Zahl der ständigen Strassenwärter betrug 932, welchen Distrikte von der mittleren Länge 2924^{m} zugetheilt waren und deren jährlicher Gesammtlohn die Summe von 539065 Mk. erreichte. Dazu kamen für unständige Wärter und Brückenwärter bezw. 1363 und 510 Mk.

Für die Unterhaltung von 4006,335 km Landstrassen wurden 1882/83 in Baden im Staatsbudget jährlich 1810863 Mk., also 452 Mk. für 1 km bewilligt. Nach den Voranschlägen entfielen davon auf:

1. Unterhaltungsmaterial	47,03%
2. Strassenwärtergehalte und Hülfswärter	34,67 «
3. Unterhaltung, Erneuerung und Vermehrung der Rinnenpflaster, Brücken, Schutzanstalten und Baumpflanzungen, ausschliesslich Neubauten und Hauptreparaturen von über 2000 Mk. Kostenbetrag	13,40 «
4. Dienstkleidung und Arbeitsgeräthe der Wärter, sowie Unterricht derselben in der Obstbaumschule, Vermessung und Versteinung der Strassen, Remuneration und Unterstützung der Wärter	2,32 «
5. Bezahlung der Frohnden für Schneebahnen, kleinere Hochwasserbeschädigungen u. Unvorhergesehenes	2,58 «
	100,00%

Digitized by Google

Strassenreinigung.

Beseitigung von Schlamm und Staub.

Sobald sich bei Regen oder Thauwetter Schlamm auf der Landstrasse gebildet hat, ist derselbe von der Fahrbahn zu entfernen, und zwar solange er noch hinreichend weich ist und sich leicht mit der Krücke abziehen lässt. Es geschieht dies von der Strassenachse aus gegen die Fussbänke hin in der Art, dass man zuerst für ein Fuhrwerk eine Fläche von 2^m Breite auf eine Länge von etwa 100^m säubert und alsdann den Streifen auf 4^m verbreitert. Diese Arbeit ist möglichst zu beschleunigen, nöthigenfalls unter Einstellung von Hilfsarbeitern. Die abgezogene Masse ist, solange sie noch nicht zu fest geworden, in kleine Haufen mit gegenseitigen Abständen von $5—6^m$ zu setzen. Manchmal wird der sehr flüssige Schlamm in den Strassengraben gezogen und später wieder ausgehoben, manchmal bleibt auch der nach der Seite gezogene Schlamm, ehe er zusammengehäuft wird, liegen, bis er hinreichend fest geworden. Erst wenn die ganze Länge eines Strassenbezirkes vom Schlamm befreit ist und die Oberfläche abzutrocknen beginnt, entfernt man die Haufen von den Fussbänken, indem man sie, wenn thunlich, mit der Schaufel von der Strasse abwirft oder sie mit Wagen abführt.

Das Abziehen des Staubes erfolgt, sobald sich eine so starke Schicht desselben gebildet hat, dass der Bewegungswiderstand in merklicher Weise vergrössert wird oder die Reisenden dadurch belästigt werden. Das Verfahren dabei ist ähnlich wie bei Schlammabziehen, auch kommen wie dort hauptsächlich Krücken zur Verwendung.

Bermen und Gräben sind ebenfalls von Staub und Schlamm zu reinigen, auch muss öfters ausgegrast werden; letztere Reinigungsarbeiten sind bei feuchtem Wetter und zu Zeiten vorzunehmen, da der Strassenwärter nicht durch andere Arbeiten in Anspruch genommen ist. Bei wenig belebten Strassen wird übrigens der Graswuchs auf den Banquetten für Materialablagerung gewöhnlich nicht beseitigt, sondern nur dafür gesorgt, dass der Wasserabfluss nach den Gräben hin nicht behindert ist.

Wo erhöhte Fusswege vorkommen, ist besonders darauf zu achten, dass sich die Längsrinnen nicht verlegen und die Querdohlen nicht verstopfen.

Viel sorgfältiger wie auf Landstrassen ist die Reinigung der städtischen Strassen durchzuführen. Sie muss hier häufiger, unter Umständen täglich und mit Zuhilfenahme der Nachtstunden vorgenommen werden. In Strassen, wo eine regelmässige Reinigung nicht durchgeführt wird, dann aber auch in verkehrsreichen Strassen *neben* der regelmässigen Kehrung ist ein ununterbrochener Reinigungsdienst, namentlich zur Beseitigung der thierischen Auswurfstoffe erforderlich, wobei diese in Schiebkarren oder besonderen, an den Seiten der Strassen aufgestellten Behältern gesammelt werden. Besonders wichtig ist dies für die Asphaltstrassen, weil bei ihnen die genannten Stoffe die Glätte dieser Art von Strassen erhöhen und nach der Verwandlung in Staub leicht durch Wind aufgewirbelt werden. Letztere Reinigung geschieht durch Handarbeit unter Verwendung einfacher Mittel und auch das Abziehen von Staub und Schlamm erfolgt vielfach durch Arbeiter mittels Krücken, Bürsten und Besen. Die stündliche Leistung mit Handgeräten wechselt mit dem Zustande der Strassen und der Brauchbarkeit der Arbeiter, sie mag zwischen 350 und 700 qm betragen. In grossen Städten jedoch, unter Umständen auch auf Landstrassen, wo es sich darum handelt, grosse Leistungen in kurzer Zeit zu vollbringen, kommen zweckmässig Maschinen zur Anwendung.

Unter diesen sind in erster Linie die *Kehrmaschinen* zu erwähnen, zwei-, meistens aber mehrräderige Fahrzeuge, unter deren rückwärtigen Hauptachse, unter einem Winkel von 45^0 zu dieser geneigt, eine Bürstenwalze angeordnet ist. Auf die Walze wird die Bewegung der Hauptachse in der Art übertragen, dass sie sich umgekehrt und schneller wie diese dreht, so dass der Kehricht vorwärts und seitwärts geschafft wird. Der so beseitigte Kehricht wird auf Haufen gekehrt und mit Wagen abgefahren.

Die Kehrmaschinen sind zuweilen für Handbetrieb, meist aber für Pferdebetrieb eingerichtet und es genügt dann bei nicht zu starker Strasseneigung ein einziges Thier. Die Arbeitsbreite ist bezw. $0,7—0,9^m$ und $1,8—2,0^m$.

Die Leistungen der Handkehrmaschinen betragen 2000—3000 qm in der Stunde, die der Pferdemaschinen 5500—8500 qm je nach der

Digitized by Google

Beschaffenheit der zu reinigenden Strassen. Der Preis der letzteren stellt sich etwa auf 720 Mk. Zur Bedienung der Maschine, sowie zur weiteren Behandlung des von der Maschine zusammengebrachten Kehrrichts sind etwa 10 Mann zu rechnen. Handarbeit kostet etwa das Sechsfache der Maschinenarbeit.

Im Jahre 1994/95 waren in Berlin, wo die Strassen im Durchschnitt dreimal wöchentlich regelmässig gereinigt werden, 58 Strassenkehrmaschinen vorhanden, wovon 48 in Thätigkeit, 10 in Reserve waren. Bespannung, Bedienung und Unterhaltung dieser Maschinen sind einem Unternehmer für jährlich 109500 Mk. übertragen, so dass auf die Maschine täglich 6,25 Mk. trifft. Für gewöhnlich schätzt man die laufenden Reperaturen einer Maschine auf täglich 50 Pfg. Die Maschinenwalzen werden dem Unternehmer durch die Verwaltung geliefert; ein Satz Walzen hat eine Durchschnittsdauer von etwa 28 Tagen.

Die Arbeit der Kehrmaschinen beginnt regelmässig nachts $^1/_2$12 Uhr, eine halbe Stunde später beginnt die Arbeit der Mannschaft; die Maschinen erledigen ihre Arbeit in $6^1/_2$—7 Stunden. Unter ungünstigen Witterungsverhältnissen verlängert sich natürlich die Arbeit der Maschinen. Ausnahmsweise arbeiten dieselben auch am Tage.

Die meisten Kehrmaschinen lagern den Kehricht bei der Hin- und Herfahrt auf verschiedenen Seiten der Strasse ab. H. R. Leichsenring in Schönebeck baute zuerst Maschinen mit umstellbarer Bürste, welche das Kehren nach der einen Strassenseite ohne Leerfahrten ermöglichen.

Auf sehr breiten Strassen empfiehlt es sich mehrere Kehrmaschinen gleichzeitig arbeiten zu lassen, indem sich dieselben staffelweise folgen.

Neben den eigentlichen Kehrmaschinen kommen zuweilen auch sogenannte Abziehmaschinen zur Anwendung, welche zur Beseitigung zäheren Schlammes und festerer Krusten von der Strassenoberfläche dienen. Auch sie sind für Hand- oder Pferdebetrieb eingerichtet. Im letzteren Falle genügt auf Strassenstrecken bis etwa 3% Steigung ein Pferd. Das Gewicht solcher Maschinen beträgt 430—480 kg, ihr Preis zwischen 350 und 400 Mk., wozu noch um etwa 50 Mk. Ersatzstücke kommen, die Leistung 6000—7000 qm in der Stunde.

Auf den Württembergischen Staatsstrassen standen in den Jahren 1893/95 zum Abziehen von Schlamm und Staub 32 Abziehmaschinen und 6 Kehrmaschinen in Verwendung. Im Bezirke der Inspektion Ludwigsburg wurden 1893/94 mit einer mit einem Pferd bespannten Abziehmaschine in der Arbeitsstunde durchschnittlich 2771 qm Strassenoberfläche gereinigt und kam dabei die Reinigung von 100 qm Fläche auf 4,10 Mk. zu stehen. Im Jahre 1894/95 waren die entsprechenden Zahlen 2592 qm und 4,30 Mk.

Mit der mit 1 Pferd bespannten Kehrmaschine wurden in 1 Arbeitsstunde durchschnittlich 2347, bzw. 1967 qm Oberfläche gereinigt und die Kosten stellten sich für 100 qm auf 4,87, bzw. 5,35 Mk.

Begiessen der Strassen

Das Besprengen der städtischen Strassen ist nothwendig, um das Stauben zu verhüten und die Hitze zu mildern; auch dem Kehren muss bei trockenem Wetter wenigstens eine Anfeuchtung vorausgehen. Bei Asphaltstrassen wird in der Regel mit der nächtlichen regelmässigen Reinigung eine förmliche Waschung verbunden, wodurch alle beim Abziehen von Staub und Schlamm noch zurückbleibenden Theile, welche unter Tags zu Staubentwickelung und gefährlicher Glätte Veranlassung geben würden, gründlich beseitigt werden. Auch das Holzpflaster wird neuerdings öfters in ähnlicher Weise behandelt.

Das Besprengen der Strassen geschieht besonders häufig mit eisernen Sprengwagen, welche je nach ihrer Grösse von Menschen oder Pferden in Bewegung gesetzt werden.

Zweiräderige Handsprengkarren aus Eisenblech, von 2 Arbeitern bedient, besitzen einen Fassungsraum von 250 l, reichen bei einer Sprengbreite von etwa 2^m für eine Fläche von 600—650 qm. Sie wiegen ohne Füllung 200 kg und kosten etwa 250 Mk.

Die vierräderigen Sprengwagen aus Eisen werden in verschiedener Grösse sowohl für 1, wie für 2 Pferde gebaut. Die einspännigen Wagen haben einen Fassungsraum von 1000—1500 l bei einem Eigengewicht von 750—1000 kg, bestreichen mit dem Ausgussrohr einen Streifen von reichlich 4^m und kosten 700—850 Mk.

In Berlin erhalten gewöhnlich alle Strassen, welche regelmässig gereinigt werden, auch eine regelmässige, d. h. täglich zweimalige Be-

Digitized by Google

sprengung, einzelne Strassen und Plätze werden auch 3 und 4 mal täglich besprengt, im übrigen werden mancherlei Abweichungen je nach Jahreszeit, Witterung u. dergl. m. erforderlich. Eine besondere Ausnahme machen die Asphaltstrassen, welche gewaschen werden müssen. Die Besprengungsperiode umfasst den Zeitraum vom 1. April bis 31. Oktober, doch kommen auch ausserhalb dieser Zeit, z. B. im März, Waschungen und Besprengungen vor. Die Bespannung, Bedienung und Unterhaltung der Sprengwagen ist für die eigentliche Besprengungsperiode an Unternehmer vergeben, z. Z. für 282416 Mk.; die täglichen Kosten für einen der 166 Sprengwagen berechnen sich demnach zu 7,95 Mk.

Das Wasser wird aus der städtischen Wasserleitung entnommen. Verbraucht wurden

1884	617225 cbm	1890	803688
1885	672550 „	1891	820605
1886	848478 „	1892	1115062
1887	773414 „	1893	1142584
1888	719494 „	1894	963019
1889	736360 „		

Ein Sprengwagen von 1500 l Inhalt kann täglich 40 mal gefüllt werden; mit 1 Füllung wird eine Fläche von 3000 qm benetzt, so dass die Leistungsfähigkeit des Wagens im Tage 120000 qm beträgt. Derselbe wiegt leer 1100 kg, gefüllt 2600 kg. Im Jahre 1894/95 waren 178 Sprengwagen vorhanden, davon 170 mit einem Füllungsraum von 1500 l; 12 von diesen Wagen bilden eine Reserve, d. h. sie werden nur auf besondere Veranlassung in Dienst gestellt und dann auch besonders bezahlt.

Zur Erzielung einer grösseren Sprengweite hat O. Türcke in Dresden am hinteren Ende des Wasserbehälters eine Art Turbine angebracht, welche sich in einem halboffenen Gehäuse dreht. Die Bewegung derselben geht mittels Kegelrädern von einem der Hinterräder aus; durch ein Ventil fliesst das Wasser auf die Turbine. Je nach der Breite der Strasse vergrössert oder verkleinert man den Wasserzufluss und die Fahrgeschwindigkeit.

Vielfach wird das Sprengwasser unmittelbar aus der Wasserleitung der Strasse entnommen und der im Leitungsrohr herrschende Druck verwerthet. Dabei wird entweder ein kurzer Schlauch an den Hydranten angeschraubt, so dass eine, diesen umgebende kreisförmige Fläche bestrichen werden kann, deren Halbmesser der Wurfweite des Hydranten gleich ist; oder es werden Rollschläuche angewendet, welche gestatten, weiter entfernte Theile der Strassenoberfläche mit den Wasserstrahlen zu erreichen. Zuweilen findet auch der Wertheim'sche Schlauchtrommelwagen Benutzung, welcher gestattet, die langen Schläuche bequem von einem Hydranten zum anderen zu bringen, die Beschädigung derselben durch den Strassenverkehr und die Störung dieses durch das Besprengungsgeschäft nach Thunlichkeit zu verhüten und eine ununterbrochene Besprengung, auch währnnd des Verlängerns und Verkürzens der Schläuche auszuführen. Die abwickelbare Schlauchlänge wird ungefähr gleich dem halben Abstande der Hydranten von einander gewählt. Je nach der hierdurch bestimmten Grösse des Weges und je nach der Art der Fahrbahn sind zur Fortbewegung des Schlauchtrommelwagens 1 oder 2 Arbeiter erforderlich, während ein anderer die Führung des Spritzenschlauches u. s. w. besorgt.

Schneebeseitigung.

Im Winter entstehen bedeutende Verkehrsstörungen durch Schneefall, sowohl auf Land- wie auf Stadtstrassen. Bei ersteren beseitigt man den Schnee, ehe er fest geworden, wenigstens im mittleren Theile der Fahrbahn mittels Bahnschlitten, wobei man nur soviel Schnee übrig lässt, dass sich eine Schlittenbahn bilden kann. Die Bahnschlitten oder Schneepflüge sind in Holz oder Eisen konstruirt, manchmal ist Vorsorge getroffen, dass die Arbeitsbreite nach Bedarf verändert werden kann. Der zur Seite geräumte Schnee bleibt meist liegen, bis er von selbst vergeht. In manchen Gegenden mit starken Schneefällen unterlässt man die Schneeräumung und bildet immer wieder Schlittenbahnen aus, die dann natürlich im Laufe des Winters stets höher und höher zu liegen kommen. Viel mehr Arbeit muss innerhalb der Städte aufgewendet werden, indem dort der Schnee möglichst vollständig beseitigt und auch thunlich bald abgefahren werden muss. In der Regel erfolgt die Beseitigung

Digitized by Google

auf mechanischem Wege, und zwar meist noch durch Handarbeit; doch kommen auch Kehrmaschinen und Schneepflüge zur Verwendung.

Versuche zum künstlichen Aufthauen des Schnees mit Dampf oder Wasser u. s. w. sind schon da und dort angestellt worden, haben aber noch nicht ganz befriedigende Ergebnisse geliefert. Am häufigsten kommen noch billige Sorten von Kochsalz zur Verwendung. In Paris z. B. wird der Schnee durch Ausstreuen von Salz und Mengung desselben durch die Räder der Fahrzeuge zum Schmelzen gebracht und die sich bildende flüssige Masse durch Handarbeit beseitigt. Bei einer Höhe des Schnees von 0,04—0,05^{m} sind 150—200 g Salz für 1 qm nothwendig; beträgt die Schneehöhe 0,05—0,20^{m}, so wird zweimal aufgestreut.

Die Kosten für Beseitigung von Schnee sind ausserordentlich verschieden je nach den Witterungsverhältnissen. In Berlin z. B. wechselten in den Jahren von 1879 bis 1894/95 die jährlichen Kosten für Schneeabfuhr zwischen 10605 und 885567 Mk. und betrugen im Durchschnitt 284564 Mk. Desgleichen bewegten sich die Löhne für Hilfsarbeiter in demselben Zeitraume zwischen 3590 und 228531 Mk. und erreichten im Durchschnitt 92000 Mk.

Der Abfuhrunternehmer für Strassenkehricht hat auch die Schneeabfuhr zu besorgen, wofür er besonders 2,6 Mk. für die Fuhre erhält. Die Kehrichtabfuhr muss bis früh 8 Uhr beendigt sein, nur bei schlechtem Wetter darf sich dieselbe um eine Stunde verzögern. Sie ist ebenfalls ausserordentlich von der Witterung abhängig. Die Gesammtzahl aller Fuhren Strassenkehricht im Jahre schwankte in dem oben angegebenen Zeitraume zwischen 94380 und 113083.

Der Gesammtaufwand für Strassenreinigung, einschliesslich Besprengung, Löhne, Bekleidung und öffentliche Bedürfnissanstalten betrug in Berlin 1894/95 3043230,84 Mk.

Ausser den gelegentlich genannten Firmen, welche Maschinen für die Strassen-Reinigung liefern, seien noch Nollau & Tangermann in Helmstedt, Ewald in Küstrin, Gebr. Böhmer in Magdeburg und Joh. Dürkoop & Cie. in Braunschweig genannt, auch auf die Bezugsquellenliste am Schlusse des gehefteten Theils sei verwiesen.

Wiederersatz der abgenützten Fahrbahntheile.

Der Verkehr auf den Strassen wird entweder durch die Anzahl der innerhalb einer gewissen Zeit auftretenden Fahrzeuge oder der dabei verwendeten Zugthiere angegeben. Erwünscht wäre allerdings die beförderte Gesammtlast in Bezug auf die Strassenbreite, allein die Feststellung derselben ist praktisch schwer durchzuführen.

In Frankreich unterschied man bei den Verkehrszählungen auf den Routes nationales: 1. beladenes Fracht- und Landfuhrwerk, 2. besetztes oder leeres öffentliches Reisefuhrwerk, 3. leeres Fracht- und Landfuhrwerk, sowie Privat-Reisewagen, 4. einzelne nicht angespannte Pferde, Ochsen, Maulthiere etc., 5. Kleinvieh, und man brachte jedes Zugthier eines Fahrzeugs der 1. und 2. Art mit 1 in Ansatz, dagegen jedes Zugthier eines Fahrzeugs der 3. Art mit $^1/_2$, während ein nicht eingeschirrtes Pferd oder ein Stück Grossvieh gleich $^1/_3$ und ein Stück Kleinvieh gleich $^1/_{10}$ eines Zugthieres der 1. oder 2. Art geschätzt wurde.

Bei der im Jahre 1882 ausgeführten Zählung waren 4344 Zählstellen ausgewählt und damit die Routes nationales in Strecken von etwa 8,6 km Länge getheilt worden.

Nach vorgenommenen Gewichtsermittelungen traf auf jedes, an einem Fuhrwerk der 1. und 2. Art angespannte Zugthier ein Bruttogewicht von 980 kg und eine Nutzlast von 490 kg.

In Baden wurde der Verkehr eines Kalenderjahres durch die Zahl der Zugthiere ausgedrückt, welche durchschnittlich an einem Tage die Strasse nach beiden Richtungen passiren. Auf Grund der Erhebungen wurden die bestehenden Strassen in 7 Klassen eingetheilt, je nachdem der tägliche Verkehr auf ihnen mehr als 1000, 500—1000, 250—500, 100—250 50—100, 30—50 und weniger als 30 Zugthiere beträgt.

Von der ganzen Strassenlänge trafen auf die

	Klasse						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
im Jahre 1824	0,7 %	1,2 %	6,8 %	27,0 %	30,2 %	19,8 %	14,8 %
« « 1877	1,0 »	2,0 «	37,0 %		28,0 «	21,0 «	11,0 «
« « 1882	0,5 »	1,5 «	8,0 «	29,0 «	27,0 «	21,0 »	13,0 «
« « 1887	0,88 »	1,75 «	37,0 %		33,0 «	14,27 «	13,10 «

In Württemberg hat sich folgende Vertheilung des Verkehrs nach Verkehrsklassen ergeben:

Tägl. Verkehr in Zugthieren	Verkehrs-Klasse	Strassenlänge in % der Gesammtlänge					
		1884		1886		1888	
		Durchgeh. Verk.	Oertl. Verk.	Durchgeh. Verk.	Oertl. Verk.	Durchgeh. Verk.	Oertl. Verk.
mehr als 1000	I	0,2	0,0	0,25	0,0	0,4	0,0
500—1000	II	1,2	0,2	1,8	0,15	1,3	0,0
250—500	III	9,9	2,3	8,7	0,85	9,8	1,8
100—250	IV	43,2	26,1	45,8	19,9	45,4	19,1
50—100	V	36,8	36,2	35,5	36,1	33,7	34,1
30— 50	VI	7,6	17,9	7,04	22,3	7,7	23,0
weniger als 30	VII	1,1	17,3	0,91	20,7	7,1	22,0

Ueber den Verkehr auf städtischen Strassen liegen nur wenige Erhebungen vor.

Auf den Ende der 70er Jahre in Berlin vorhandenen 580 Strassen von über 300 km Länge wurde die Zahl der durchschnittlich in 1 Stunde verkehrenden Fuhrwerke erhoben:

Unter den Linden und Friedrichstrassenecke . .	831	Fuhrwerke,
Königs- und Spandauer-Strassenecke	739	«
Leipziger- und Jerusalemer-Strassenecke	685	«
Mühlendamm	562	«
Königsstrasse (Kurfürstenbrücke)	466	«
Unter den Linden (Brandenburger Thor)	431	«

Im Jahre 1891 wurden während 16 Stunden (von 6 Uhr früh bis 10 Uhr Abends) folgende Ermittelungen gemacht:

	Fuhrwerke	Fussgänger
Ecke Friedrichstrasse und Unter den Linden	13479	120016
Königsstrasse unter der Stadtbahn	10016	100807
Belle-Alliance-Brücke	8823	91530
Potsdamer-Platz	17368	87266
Ecke Königs- und Spandauerstrasse	9984	84975
Ecke Chaussee- und Invalidenstrasse	13449	82955

Die Kosten der am 27. April und 4. Mai 1891 in London von je 800 Beamten vorgenommenen Zählungen betrugen nach Kemmann 24000 Mk. Dabei wurde Folgendes festgestellt: Die Zahl der an 8 verschiedenen Punkten zu Fuss oder zu Wagen innerhalb 24 Stunden in die City gelangenden Personen betrug 1121708 (gegen 707563 im Jahre 1881). Während derselben Zeit fuhren 92488 Wagen zur City (gegen 71893 im Jahre 1881). Am stärksten verdichtet sich der Verkehr zur Zeit vor und nach Schluss der Geschäftsstunden. Bei der London-Brücke sind täglich 20000 Fuhrwerke zu rechnen.

Interessante Zählungen sind in Paris vorgenommen worden. Im Osten der Stadt, wo der Waarenverkehr vorherrscht, beginnt derselbe schon früh 6 Uhr und steigt bis Mittag, in der Frühstückszeit (12—2 Uhr) nimmt er ab und steigt alsdann wieder bis 4 Uhr, um sich von da an schnell zu vermindern und bis 10 Uhr Abends nahezu ganz aufzuhören.

Eine Zählung am Boulevard des Italiens mit gemischtem Verkehr gab folgendes Bild: Der eigentliche Verkehr begann erst 9—10 Uhr

Digitized by Google

Vormittags, wuchs bis 12 Uhr, nahm 12—2 Uhr wieder ab, stieg dann rasch und erreichte seine Höhe 4—6 Uhr mit etwa 1675 Fahrzeugen in der Stunde, blieb ziemlich gleichmässig bis Mitternacht, nahm dann ab, bis er 4—6 Uhr Morgens aufhörte.

Wieder anders verhielt sich der leichte Verkehr in der Avenue du Bois de Boulogne. Erst 2—4 Uhr entwickelte sich derselbe zu 1300 bis 1400 Fahrzeugen, Grösstwerth mit 3000 in der Stunde zwischen 4 und 6 Uhr. Ebenso rasch nahm er wieder ab, so dass er nach 8 Uhr Abends ganz unbedeutend war. Bei besonderen Gelegenheiten wird übrigens der erwähnte Grösstwerth bedeutend übertroffen; am Tage des Wettrennens 4—8 Uhr Nachmittags wurden 6292 Fahrzeuge in der Stunde gezählt.

In Ermangelung genügender Erfahrung nimmt man in der Regel an, die Abnützung einer Strasse wachse unter sonst gleichen Umständen im geraden Verhältnisse mit dem Verkehr.

Schotterstrassen.

Bei sorgfältiger Unterhaltung der Strassen werden zunächst die entstehenden Schlaglöcher und Radspuren thunlichst bald nach ihrem Entstehen beseitigt, womöglich zu einer Zeit, da der Strassenkörper etwas erweicht ist, wobei darauf zu sehen ist, dass sich die ausgebesserten Stellen unregelmässig über die Strassenoberfläche vertheilen, so dass der Fuhrmann nicht veranlasst wird, denselben auszuweichen.

Bei der Wiederherstellung der ursprünglichen Fahrbahndicke werden zwei verschiedene Verfahrungsweisen befolgt, das Flicksystem und das Decksystem.

Das Flicksystem entspricht in der Hauptsache dem Verfahren zur Beseitigung von Schlaglöchern, Radspuren und kleinen Mulden, erscheint jedoch insofern erweitert, als man grössere Theile der Fahrbahn zu geeigneter Jahreszeit aufschottert, sei es, dass man die Strasse auf Strecken von mässiger Länge in ganzer Breite mit Deckmaterial versieht und dazwischen immer unbeschotterte Strecken belässt, sei es, dass man die zu beschotternden Flächen in geringer Ausdehnung schachbrettartig an einander reiht. Das Wesentliche dabei ist, dass die Dichtung der aufgebrachten Massen in der Hanptsache den Fuhrwerken überlassen bleibt. Dem Strassenwärter fällt dabei eine umfassende Thätigkeit zu, welche an seine Einsicht und seinen Fleiss nicht geringe Anforderungen stellt.

Im Gegensatz dazu steht das Decksystem, wobei das Flickverfahren so lange angewendet wird, bis die Schwierigkeiten und die Kosten der Unterhaltung sich bis zu einem gewissen Grade gesteigert haben, worauf der ursprüngliche Strassenquerschnitt durch eine Art Neubau und unter Verwendung von Strassenwalzen auf einmal wieder hergestellt wird.

Die Wiederherstellungsarbeiten werden auch bei diesem Verfahren im Allgemeinen im Herbst oder Frühjahr vorgenommen, wenn eine rasche Bindung des Schottermaterials erwartet werden kann. Bei zusammenhängenden grösseren Arbeiten muss jedoch auch in der trockenen Zeit gearbeitet werden und es ist dann für Beifuhr von Wasser besonders Sorge zu tragen. In Städten ist man ziemlich unabhängig von der Jahreszeit, da man hier Wasser immer bequem zur Verfügung hat.

Viel Interesse bietet die Strassenunterhaltung in Württemberg, wo bis zum Jahre 1870 das Flicksystem in Uebnng stand, von da ab jedoch das Decksystem mehr und mehr und nach einem sorgfältig ausgearbeiteten Plane zur Durchführung kam. (Eingehende Mittheilungen in den Verwaltungsberichten der K. Ministerial-Abtheilung f. d. Strassen- und Wasserbau, sodann Zeitschrift des Arch. und Ing.-Vereins zu Hannover 1890).

Wenn auch im Grossen und Ganzen das Decksystem grosse Vorzüge hat, so ist man doch zuweilen auf das Flicksystem zur Wiederherstellung der normalen Oberbaustärke angewiesen, falls sich Schwierigkeiten für die Anwendung der Strassenwalzen ergeben, sei es wegen allzu starker Steigungen der Bahn, sei es, weil bei der Abgelegenheit eines Strassenzuges oder wegen sehr schwachen Verkehrs auf demselben die Kosten der Walzung sich zu hoch stellen würden.

Das Bau- und Unterhaltungsmaterial für Strassen überhaupt muss verschiedene Eigenschaften besitzen, unter welchen Druckfestigkeit, Härte und Zähigkeit bezw. Abnützbarkeit, Wetterbeständigkeit, Polirunfähigkeit vor Allem zu nennen sind.

Digitized by Google

Für die Grundbausteine der Schotterstrassen und auch für die in den tieferen Schichten der Beschotterung zur Verwendung kommenden Gesteine genügt neben Wetterbeständigkeit eine mässige Druckfestigkeit, dagegen müssen die Decklagenbrocken neben Wetterbeständigkeit einen hohen Grad von Druckfestigkeit und Abnützbarkeit besitzen, auch soll ihnen die schlechte Eigenschaft der Klebrigkeit fehlen, damit sich der aus ihnen entstehende Schlamm nicht an den Rädern „aufwickelt". Die Druckfestigkeit der Schottersteine muss schon ihrer geringen Grösse wegen bedeutender sein als bei den Pflastersteinen.

Diese verschiedenen Eigenschaften werden in den Materialprüfungsanstalten erhoben. Wenn auch in den Veröffentlichungen dieser Institute eine grosse Zahl von Durchschnittswerthen für die verschiedenen in Betracht kommenden Materialien zur Verfügung stehen, so empfiehlt es sich doch, für jedes neu in Frage kommende Material besondere Untersuchungen zu veranlassen.

Material-Art	Sorte und Typus derselben	Druckfestigkeit in kg/qcm				Abnützbarkeit in g bei 200 Umdrehungen der Scheibe				Werth der Materialien, wenn der Werth des Dolerit gleich 1.
		Werth			Verhältnisszahl	Werth			Verhältnisszahl	
		Kleinst-	Grösst-	Mittel-		Kleinst-	Grösst-	Mittel-		
Dolerit	vom Katzenbuckel b. Eberbach	2720	über 3050	3000	10,00	12,6	8,0	10,3	1,000	1,000
Basalt	von Wardenberg u. Riedsöchingen	2060	2620	2340	7,80	9,6	11,2	10,4	1,010	0,772
Diorit	I vom Fuchsköpfle b. Freiburg	über 2480	2650	2600	8,667	12,0	10,8	11,4	1,107	0,783
	II vom Höllenthal	1850	2340	2108	7,026	13,9	11,4	12,92	1,254	0,560
Porphyr	I Dossenheimer P.	2220	2630	2398	7,993	10,2	8,2	9,28	0,901	0,887
		1500	1710	1562	5,207	7,3	5,3	6,53	0,634	0,821
		1210	2040	1718	5,727	9,6	6,1	7,72	0,750	0,764
		1920	2100	1997	6,657	10,2	9,1	9,72	0,944	0,705
	II Vormberger P.	1560	2320	1860	6,200	10,9	7,9	9,425	0,915	0,678
		1430	1710	1518	5,060	9,2	7,4	7,96	0,773	0,655
		1220	1730	1493	4,976	9,0	7,0	8,08	0,785	0,634
	III Trabronner P.	1460	1890	1633	5,443	9,6	9,2	9,36	0,909	0,599
		1410	1560	1488	4,960	10,4	7,1	8,63	0,838	0,592
		1390	1890	1623	5,410	12,5	7,1	10,02	0,973	0,556
		1170	1320	1245	4,150	11,2	8,1	9,27	0,900	0,461
		970	1310	1167	3,890	12,7	9,8	11,85	1,150	0,339
Syenit	I S. aus dem Murg- und Albthal	1350	2340	1992	6,640	11,0	6,8	9,43	0,916	0,725
	II S. aus dem Birkenauer Thal	1230	1560	1476	4,920	13,7	12,0	12,80	1,243	0,395
Gneis	—	1130	2290	1730	5,767	11,3	8,6	9,82	0,953	0,605
Granit	I Gr. von Kroppenstein	1560	1920	1740	5,800	7,2	5,5	6,60	0,641	0,905
		1750	2340	1977	6,590	8,6	7,5	8,125	0,790	0,834
		1650	1960	1795	5,983	9,3	6,9	8,55	0,830	0,721
	II Gr. aus dem Schlüchtthal	1760	2160	1838	6,127	10,3	9,0	9,57	0,929	0,659
		1240	1880	1560	5,200	9,6	8,0	8,80	0,854	0,609
		1450	1700	1552	5,173	10,4	9,0	9,72	0,944	0,548
	III Gr. vom Steinbückele	1140	1530	1403	4,676	11,8	9,0	10,28	1,000	0,468
		880	1520	1268	4,227	12,1	8,2	9,93	0,964	0,439
		1050	1400	1246	4,153	14,8	7,9	10,92	1,060	0,392
Hornblende	vom Zindelstein	1500	1580	1540	5,133	9,7	8,2	8,95	0,869	0,590
Klingstein	vom Kaiserstuhl	1720	2120	1920	6,40	18,6	10,6	11,14	1,082	0,590
Rheinwacken	aus dem Oberrhein	2200	2290	2245	7,483	18,8	7,3	13,05	1,267	0,590
Thonschiefer	von Utzenfeld	1520	2390	1960	6,533	10,1	6,8	8,60	0,835	0,782
Sandstein	I S. von Ettlingen	1400	1650	1561	5,203	10,6	9,3	9,90	0,961	0,541
	II S. v. Wertheim	860	970	888	2,960	24,5	18,4	20,775	2,017	0,147

Digitized by Google

In der vorstehenden Tabelle sind die Ergebnisse von Versuchen enthalten, welche auf Veranlassung der Grossherzoglich Badischen Oberdirektion des Wasser- und Strassenbaues im mech.-techn. Laboratorium der K. techn. Hochschule zu München angestellt worden sind.

Der leichteren Uebersicht halber wurden die Werthe sowohl der Druckfestigkeit als auch der Abnützbarkeit durch eine Verhältnisszahl ersetzt, so zwar, dass die Widerstandsfähigkeit des Dolerit = 3000 kg/qcm zu 10 bezw. = 10,3 zu 1,000 angenommen wurde.

Die in der letzten Reihe stehenden Werthziffern (γ) bilden den Quotienten $\gamma = \frac{\delta}{\alpha}$ aus der Verhältnisszahl (δ) für die Druckfestigkeit und jener α für die Abnützbarkeit.

Es ist schwer, aus den in Versuchsanstalten erhobenen verschiedenen Einzel-Eigenschaften der Materialien einen Schluss auf ihre Brauchbarkeit zum Strassenbau zu ziehen. Man hat deshalb versucht, die Materialien in den Prüfungsanstalten künstlich hervorgerufenen Angriffen auszusetzen, welche den in Wirklichkeit auftretenden möglichst nahe kommen, und das Verhalten des Materials hierbei zu beobachten. Allein dieser Weg ist bis jetzt nur ganz vereinzelt betreten worden.

Sicherer, wenn auch grösseren Zeitaufwand beanspruchend, erschien das Verfahren, die zu erprobenden Materialien in Versuchsstrecken einzubauen und ihr Verhalten während des Betriebes zu studiren. Für Schottermaterialien ist dieses Verfahren in der That wiederholt und zum Theil in sehr ausgedehntem Maasse in Anwendung gekommen, zuerst in Frankreich, dann in Bayern und in verschiedenen anderen deutschen Ländern, allein befriedigende Ergebnisse konnten bisher nicht erzielt werden, weil nicht alle in Betracht kommenden Umstände, insbesondere auch die Grösse der Abnützung, mit der erforderlichen Sicherheit bestimmt werden konnten.

Von grösster Wichtigkeit sind deshalb die bei langjähriger Verwendung der verschiedenen Gesteinsarten gemachten Erfahrungen.

In Baden hat man auf Grund der Werthziffern (γ in Tabelle S. 121) die zur Unterhaltung der Strassen erforderlichen Steingeschlägs-Mengen berechnet, indem man vom Porphyr ausging, über welchen weitgehende Erfahrungen vorlagen. Die Ergebnisse, welche gut mit der Wirklichkeit stimmen, sind aus der folgenden Tabelle zu ersehen.

Steinmaterial für das Kleingeschläg	Innerhalb der einzelnen Verkehrsklassen schwanken mit dem Verkehre die für 1 km erforderlichen Mengen (in cbm) Strassenunterhaltungsmaterial zwischen nachstehenden Grenzen						
	Verkehrsklasse und tägliche Zugthierzahl						
	VII weniger als 30	VI 30—50	V 50—100	IV 100—250	III 250—500	II 500—1000	I mehr als 1000
a) Endgültig festgestellte Materialmengen [cbm] (bei durchschnittlich 5^m Fahrbahnbreite)							
Dolerit . . .	6—12	12—16	16—22	22—32	32—42	42— 60	60—114
Basalt . . .	8—16	16—20	20—30	30—40	40—55	55— 80	80—150
Porphyr:							
Sorte I .	8—16	16—20	20—27	27—40	40—50	50— 75	75—140
« II .	10—20	20—25	25—35	35—48	48—63	63— 90	90—170
« III .	12—25	25—32	32—45	45—65	65—85	85—120	120—230
Mittelw. .	10—20	20—25	25—35	35—50	50—65	65— 95	95—180
Diorit	10—20	20—25	25—35	35—50	50—65	65 — 95	95—180
Syenit . . .	10—20	20—25	25—35	35—50	50—65	65— 95	95—180
Gneis	10—20	20—25	25—35	35—50	50—70	70—100	100—190
Granit:							
Sorte I .	8—16	16—20	20—28	28—40	40—55	55— 75	75—145
« II .	10—20	20—25	25—35	35—50	50—70	70—100	100—190
« III .	15—30	30—35	35—50	50—70	70—95	95—140	140—260
Mittelw. .	10—20	20—25	25—35	35—55	55—70	70—100	100—190
Hornblende .	10—20	20—25	25—35	35—55	55—70	70—100	100—190
Klingstein . .	10—20	20—25	25—35	35—55	55—70	70—100	100—190
Rheinwacken .	10—20	20—25	25—35	35—55	55—70	70—100	100—190
Thonschiefer .	8—16	16—20	20—28	28—40	40—55	55— 75	75—145

Die für Kalkstein berechneten Verhältnisszahlen entsprachen einer Werthung dieses Materials, welche mit der Erfahrung nicht übereinstimmten; später wurde folgender Materialbedarf festgesetzt:

Kalkstein	Verkehrsklasse VII	VI	V	IV	III
Sorte I	8—16	16—24	24—32	32—49	49— 70
« II	10—20	20—30	30—40	40—60	60— 85
« III	13—26	26—38	38—51	51—77	77—110

In Braunschweig werden die Strassenmaterialen in folgende 5 Klassen eingetheilt:

I. Klasse: Hornfels, Gabbro, dichter Grünstein, Basalt:
II. « Grobkörniger Grünstein, Grauwacke, körniger Quarz, Kieselschiefer, nordische Geschiebe;
III. « Die Gesteine unter II aus minder festen Lagen;
IV. « Zechstein, Roggenstein, Muschelkalk, Jurakalk, Juradolomit;
V. « Plänerkalk und die Gesteine unter IV aus weniger festen Lagen.

Hiernach müsste beispielsweise von einem Gesteine der 2. Klasse die zweifache, von einem der 3. Klasse die dreifache u. s. w. Menge aufgewendet werden, um denselben Erfolg wie mit der einfachen Menge eines Gesteins der 1. Klasse zu erzielen.

Die Auswahl des für eine Strasse zu verwendenden Materials wird nach dem Kostenpunkte zu treffen sein; es ist im Allgemeinen jenes Material zu wählen, für welches sich der Gesammtkostenaufwand für Neubau, Unterhaltung und Wiederherstellung am niedrigsten stellt. Bei Schotterstrassen vereinfacht sich die Aufgabe dahin, dass jenes Deckmaterial zu bestimmen ist, welches einen Kleinstwerth des jährlichen Unterhaltungsaufwandes ermöglicht.

Neben der erforderlichen Materialmenge kommt dabei in Betracht: der Ankauf des Rohmaterials im Steinbruch, das Zerkleinern desselben, die Beförderung des Schotters vom Gewinnungs- bis zum Verwendungsort und schliesslich die Verwendung selbst.

Im Rechnungsjahre 1894/95 wurden in Württemberg vom Staate 2725,073 km Strassen unterhalten. Dabei wurden für Fahrbahnen an harten Materialien (Granit, Aplit, Gneis, Porphyr, Basalt, Alpiner Kies und Wacken) 47151 cbm, an weichen Materialien (Muschelkalk, Keuper, Liaskalk, weisser Jura, Kies aus der Trias- oder Juraformation) 67718 cbm, für Gehwege 5719 cbm, im Ganzen also 120588 cbm oder im grossen Durchschnitt 44 cbm auf 1 km Strasse und 20 cbm für 1 km und 100 Zugthiere verwendet.

Steinpflaster-, Asphalt- und Holzstrassen.

Ueber Abnützung, Materialverbrauch, Kosten u. dgl. m. liegen leider nicht viele Erfahrungen vor, meistens fehlt die Angabe der verschiedenen Umstände, unter welchen dieselben gewonnen wurden, wodurch sie wesentlich an Werth einbüssen.

In Paris wurden einige Beobachtungen an chaussirten Strassen mit den besten Deckmaterialien angestellt, indem für 50 Strassenstrecken von zusammen 53,175 km Länge, auf welchen ein Verkehr von 1500 bis 24000 angespannten Zugthieren sich bewegte, der Verbrauch an Unterhaltungsmaterial berechnet wurde:

	In Betracht gezogene Länge	Mittlerer Verkehr	Materialverbrauch für 100 Zugthiere und 1 km
Boulevards des Capucines et des Italiens	851^{m}	22600	5,0 cbm
Rue de Rivoli etc.	4077 «	14000	12,7 «
10 Strassenstrecken	10551 «	6000—10000	10,8 «
34 «	37696 «	1500—4700	11,14 «

Digitized by Google

Bezüglich der auffallend kleinen Zahl von 5 cbm bei der ersten Gruppe wird bemerkt, dass auf den fraglichen Boulevards meist leichtes Fuhrwerk verkehre und dass auch die Konstruktion derselben sich von den übrigen Strassen etwas unterscheide.

In München zeigten die Granitwürfel von ursprünglich 19^{cm} Seite nach 28 Jahren eine Abnützung von 1,5 bis höchstens 2,0^{cm}, welche wegen Abrundung der Kopffläche besonders an den Kanten hervortrat. Man nimmt dort an, dass Granitpflaster unter Münchener Verkehrsverhältnissen 25 Jahre ohne Reparatur liegen kann, dass alsdann die Steine gestürzt und erst nach weiteren 25 Jahren die dann vorhandenen beiden runden Kopfflächen eben gearbeitet werden.

Das Pflaster vor der Hauptwache am Rossmarkt in Frankfurt a. M. aus Anamesit-Kopfstücken (Druckfest. 1400 kg) in Sand hatte bei einem 12stündigen Tagesverkehr von 4600 Fuhrwerken eine jährliche Abnützung von durchschnittlich 1^{cm} erfahren; nach 6 Jahren musste es umgelegt und nach weiteren 4 Jahren erneuert werden.

In Wien hat man bei Granitwürfeln eine Abnützung von 2,5^{cm} in belebten schmalen Strassen schon nach 6 Jahren, in belebten Strassen von über 8^{m} Breite nach 12 Jahren und in Strassen mit geringem Verkehr erst nach 15—18 Jahren beobachtet und dann eine Umlegung für nothwendig erachtet Bei dieser Umlegung rechnete man auf 5%, bei der darauf folgenden nochmaligen Umlegung der Steine auf 10% Materialverlust.

Die Arbeiten zur Unterhaltung einer Asphaltdecke veranlassen die geringste Störung des Strassenverkehrs. Vertiefungen, Abbröckelungen u. dergl. werden in der Art beseitigt, dass man die betreffende Stelle aufbricht, die Bruchränder scharf abschneidet, reinigt, erwärmt und sodann wie bei der erstmaligen Ausführung verfährt. Stampfasphalt ist besonders stark zu verdichten, wenn eine Ueberhöhung der ausgebesserten Stelle vermieden werden soll.

Zur Beseitigung von Wellen wird die Oberfläche mittelst erhitzter Bleche erweicht, abgekratzt und frisches Pulver angestampft.

Die Unternehmer in Berlin sind durch ihren Vertrag gebunden, die fertig gestellte Fahrbahn vom 1. April des auf die Fertigstellung folgenden Jahres an auf 4 Jahre unentgeltlich und danach weitere 15 Jahre gegen eine jährliche Entschädigung von 50 Pf. für 1 qm bei Strassen ohne Bahngleis, und von 75 Pf. bei solchen mit Gleisen zu unterhalten, schliesslich aber die Bahn in gutem Zustande, die Asphaltdecke in einer Stärke von mindestens 1,5^{cm} zu übergeben.

Ueber die Dauer des Holzpflasters liegen nicht viele zuverlässige Angaben vor. Nach Stayton betrug in London bei einem Verkehr für 1 Yard Strassenbreite für 1 Tag von 780, 1100, 1137, 558, 985, 1236, 1000, 985, 1191 Tons die Dauer des Holzpflasters bezw. 5,5, 5,5, 6,2, 7,0, 7,0, 7,0, 7,5, 7,58, 7,84 Jahre.

Nach seinen Mittheilungen ist es nicht zweckmässig, den Klötzen eine grössere Höhe zu geben, als es die Dauer von 7 Jahren verlange, weil nur sehr wenige Holzpflasterungen nach ungefähr 6 Jahren ihres Bestehens noch eine gute Oberfläche aufwiesen.

Im Allgemeinen hält sich Holzpflaster in Strassen mit starkem Verkehr verhältnissmässig besser als in weniger belebten Strassen. In München erhalten die Unternehmer für 1 qm Holzpflasterung aus 10^{cm} hohen Klötzen auf einer 20^{cm} hohen Betonschichte 13,70 Mk. und für die Fläche zwischen den Trambahngleisen einen Zuschlag von 10—20%. Sie sind gehalten, die fertig gestellte Fahrbahn 5 Jahre lang unentgeltlich und hernach 15 Jahre lang gegen eine Entschädigung von 60 Pf. für 1 qm und das Jahr zu unterhalten, wobei für die Fläche zwischen den Schienensträngen gleichfalls der erwähnte Zuschlag gezahlt wird.

Angaben über Arbeitsaufwand und Kosten.

Neben den in den vorausgegangenen Abschnitten aufgenommenen Erfahrungsangaben seien noch folgende zusammengestellt.

1 qm Grundbau (Packlage) von 0,15^{m} Höhe verlangt 0,20 cbm, in Haufen gesetzter Bruchsteine. Diese werden möglichst nahe an der Verwendungsstelle abgelagert, so dass vom Ablagerungs- zum Verwendungsplatz nur ein kurzer Transport erforderlich wird, welcher bei der Preisentwickelung in Ansatz zu bringen ist. Wird ein Transport auf 10^{m} vorausgesetzt so ist für diesen, sodann für Versetzen der Steine,

Digitized by Google

Spalten einzelner, Abköpfen und Verkeilen 0,03 Tgsch. 1 Pflasterers und 0,01 Tgsch. 1 Handlangers für 1 qm zu rechnen.

Für Herstellung 1 cbm Kleingeschläg (in Haufen gemessen), die Korngrösse den Zwecken des Strassenbaues entsprechend, ist zu rechnen bei sehr harten, mittelharten und weicheren Gesteinen bezw. 1,6 bis 2,2, 0,8 bis 1,2 und 0,4 bis 0,6 Tgsch. 1 gewöhnlichen Arbeiters. Weniger ist anzunehmen, wenn es sich nicht um thunlich gleiche Korngrösse oder aber um grobkörnigen Schotter handelt.

1 cbm gelockerten ungebundenen Abtrag oder Schotter mit der Schaufel 1 mal zu werfen, erfordert durchschnittlich 0,06 Tgsch. 1 Handlangers.

1 cbm Sand oder Schotter durch das Gitter zu werfen, verlangt ungefähr 0,15 Tgsch. 1 Handlangers.

1 cbm Kleingeschläg auf eine Entfernung von 10^{m} verbringen und zur Bildung des Strassenkörpers verwenden erfordert 0,08 bis 0,12 Tgsch. eines gewöhnlichen Arbeiters.

Ueber das Walzen siehe im Abschnitte »Strassenwalzen und ihre Benutzung«.

1 cbm zugerichtete Pflastersteine auf Haufen von passender Höhe zu setzen, verlangt 0,075 Tgsch. eines Arbeiters.

Die im Herzogthum Oldenburg für Herstellung der Klinkerstrassen bezahlten Akkordpreise für 1 qm waren nach einer von der Baudirektion herausgegebenen Preistabelle folgende:

	auf der Geest	auf der Marsch
Neulegung der Klinkerbahn	0,14 Mk.	0,16 Mk.
Einfegen bezw. Einschwemmen d. Bahn	0,02 «	0,03 «
Aufbrechen der alten Klinkerbahn . .	0,02 «	0,03 «
Grösstpreis für Aufbrechen, Wiederverlegen und Einschwemmen . . .	0,20 «	0,24 «

Hieraus ist das Verhältniss der Einzelbeträge zu einander zu ersehen.

In Berlin wird gezahlt für

1 qm vorhandenes Steinpflaster mit Einschluss der Rinnsteine u. dergl. aufzubrechen, die Materialien bis auf 30^{m} zu transportiren und zu sortiren, einschliesslich Werkzeuge und Geräthe

bei Pflaster ohne Fugenverguss	0,09	Mk.
« « mit Mörtelausguss	0,20	«
« « « Bitumenausguss	0,71	«

1 qm Beton-Unterlage von 20^{cm} Stärke für das Pflaster zuzubereiten, sodann einzelne Lehrstreifen herzurichten und die Zwischenräume auszufüllen, zu dichten und abzugleichen, einschliesslich Material- und Wasserbeschaffung, sowie Geräte . . . . . 4,50 «

1 qm Pflaster aus vorhandenen Steinen I. oder II. bezw. III. Klasse herzustellen, vorher auf die schon hergestellte Unterbettung eine $2—3^{cm}$ hohe Kiesschichte aufzubringen, nötigenfalls Bordschichten und flache Rinnsteine anzulegen, die Pflastersteine in 2 Absätzen zu rammen, die Fugen zu sanden, einschliesslich Materialtransport bis auf 30^{m} Entfernung, Wasserbeschaffung und Geräte . . . . . 1,00 «

1 qm desgleichen, jedoch mit Mörtelausguss der Fugen . . . 1,10 «

1 qm desgleichen, jedoch mit Bitumenausguss der Fugen und Bedecken des Pflasters mit einer $^{1}/_{4}{}^{cm}$ starken Kiesschichte zu bedecken, einschliesslich Lieferung des Bitumens, jedoch ohne Kieslieferung . . . . . 1,90 «

1 qm Betonbettung des Fahrdammes von 20^{cm} Stärke aufzubrechen und bei Seite zu setzen oder auch von der Baustelle zu entfernen, ohne Rücksicht auf die Grösse der Fläche . 2,00 «

1 qm Dammfläche von gestampftem Asphalt 5^{cm} stark mit 20^{cm} starker Betonbettung, einschliesslich Lieferung aller Materialien, herzustellen . . . . . 15,00 «

1 qm Dammfläche von gestampftem Asphalt auf fertiger Betonbettung herzustellen . . . . . 11,00 «

Zulage für 1^{m} Anschluss des Asphaltes an die Schienen oder deren Einfassung bei Anlage von Strassenbahnen . . . . 0,50 «

Digitized by Google

1 qm Asphaltpflaster des Bürgersteiges, einschliesslich Unterbettung aufzunehmen, die Materialien bei Seite zu stellen, das Planum aufzuhöhen oder abzugraben, den fehlenden Boden anzuliefern, resp. den überschüssigen abzufahren, sodann die Unterlage wieder herzustellen und die Asphaltdecke mindestens 2^{cm} stark unter Verwendung des alten Materials und nötigenfalls Zuschuss von neuem Asphalt herzustellen . . . . . 4,50 Mk

In welch' weiten Grenzen die Kosten für 1 qm der Befestigung und Unterhaltung städtischer Strassen schwanken, kann aus der folgenden, von Baumeister (Handb. d. Bauk., Abth. III, Heft 3) angegebenen Tabelle ersehen werden:

	Fahrweg		Fusswog
	Herstellung einschl. Unterbettung	Jährliche Unterhaltung	Herstellung einschl. Unterbettung
	Mk.	Mk.	Mk.
Reihenpflaster I. Kl. auf Chauss. oder Beton	10—26	0,2—1,4	3—8
Reihenpflaster II. Kl. auf Kies od. Sand	4—20	0,2—1,0	
Mosaikpflaster III. Kl. auf Kies oder Sand	2—14	0,1—0,5	
Steinplatten	—	—	5—20
Klinker, Keramit	7—15	0,2—1,2	4—8
Beton	—	—	4—6
Thonplatten, Cementplatten . . .	—	—	5—10
Holzpflaster auf Beton	12—21	0,5—2,0	—
Asphalt	11—24	0,5—1,2	4—9
Eisenpflaster	30—36	—	—
Chaussirung (einfache Bekiesung bis Packlagenbau	2—10	0,4—8,0	0,5—2

Digitized by Google

Auszug aus der Circularverfügung des preussischen Handelsministeriums vom 17. Mai 1871, betreffend die Aufstellung der Projecte und Kostenanschläge für den Bau von Kunststrassen.

I. Aufstellung des Projects.

Uebersichtskarten im Maassstab 1 : 20000 — 1 : 200000.

Situationspläne zur Darstellung des Projects im Maassstab 1 : 5000. Expropriationskarten im Flurkartenmaassstab, bei schwierigen Stellen im Maassstab 1 : 625, 1 : 1000 und 1 : 1250.

Die Chausseelinien sind in Stationen von 100^{m} Länge zu theilen.

Bei je 50^{m} ist ein Zwischenpunkt einzuschalten. Jede 10. Station ist durch eine römische Ziffer als Hauptstation hervorzuheben.

Im Längenprofil werden die Längen im Maassstab des Situationsplans (gewöhnlich 1 : 5000) aufgetragen, die Höhen in einem 25fach grösseren (gewöhnlich 1 : 200).

Die höchsten und niedersten Wasserstände der die projectirte Strassenlinie berührenden Gewässer sind einzuzeichnen.

Querprofile müssen rechtwinklig zur Mittellinie des Strassenplanums aufgenommen (und zwar bei allen erheblichen Aenderungen der Terrainoberfläche) und im Maassstab 1 : 200 aufgezeichnet werden. Die Normalprofile für die Steinbahn, Quergefälle, Böschungen etc. dagegen im Maassstab 1 : 100.

Projecte von Kunstbauten sind bis 50^{m} lichter Weite des Objects im Maassstab 1 : 100 zu zeichnen, die Details im Maassstab 1 : 50, 1 : 25 oder 1 : 10, je nachdem dies die deutliche Darstellung erfordert. Bei Plänen von Dienstgebäuden, Futtermauern genügt 1 : 100.

In den Projecten von Brücken über 5,0^{m} Länge sind die Ergebnisse etwaiger Bodenuntersuchungen und die Wasserstände einzuzeichnen.

Maassstäbe (und eine Standlinie in den Karten) sind allen Plänen beizugeben.

In sämmtlichen Zeichnungen sind die wichtigsten Abmessungen einzutragen.

II. Lage und Gefälle des Strassenzugs.

Lage der Strasse. Die Strassen sind dem Terrain thunlichst sich anschliessend und auf trockenen Untergrund zu legen, so dass starke Krümmungen vermieden werden. Sind letztere nicht zu umgehen, so ist bei einem mittleren Radius von 75^{m} und weniger auf eine angemessene Verbreiterung der Strasse beziehungsweise der Steinbahn Bedacht zu nehmen.

Gefälle. Hohe Auf- und Abträge sind thunlichst zu vermeiden, übermässige Steigungen sollen ohne dringende Nothwendigkeit nicht vorkommen. Dabei ist ein häufiger Wechsel des Steigens und Fallens zu vermeiden und bei Ueberschreitung von Bergen und Wasserscheiden die Vertheilung des Gefälls in der Art anzustreben, dass, bevor die grösste Höhe nicht erreicht ist, die einmal gewonnene Höhe ohne besondere Umstände nicht aufgegeben wird.

Als Maximalsteigungen gelten in der Regel:

a) in gebirgigen Gegenden 5%, b) im Hügellande 4%, c) im Flachlande 2,5%. Das Gefälle ist nur nach ganzen Millimetern pro Meter Länge zu normiren.

Bei anhaltenden Steigungen von grösserer Gesammthöhe als von 30^{m}, und wenn eine stärkere Steigung als von 4% angewendet wird, ist auf jede folgende Höhe von 30^{m} die Steigung um je ½% zu vermindern, bis dieselbe 4% erreicht hat.

Ruheplätze. Können die Maximalsteigungen von mehr als 4% auf längeren Strecken nicht vermieden werden, so sind in Entfernungen von 600—800^{m} Ruheplätze von wenigstens 30^{m} Länge, denen höchstens eine Steigung von 1% gegeben werden darf, anzulegen.

Horizontale Strassen sind nur dann zulässig, wenn die Strasse eine freie Lage hat und eine besonders gute Entwässerung stattfindet.

Die Strassenkrone ist wenigstens 0,6^{m} über den bekannten höchsten Wasserstand, welcher die Strassen erreicht zu legen.

III. Construction der Strasse.

Breite der Strasse. Die Breite des Planums richtet sich im allgemeinen nach der Frequenz und der hierdurch bedingten Breite der Steinbahn, zugleich aber auch nach dem Erforderniss eines Sommerwegs.

In der Regel ist dem Planum nicht über 12^{m} und nicht unter 9^{m} Breite zu geben. Hinsichtlich der Verbreiterung in Krümmungen siehe oben.

Gräben. Liegt das Planum nicht mindestens 0,6^{m} über dem Terrain, oder ist dasselbe ganz oder theilweise in das Terrain eingeschnitten, so ist auf beiden Seiten, resp. auf der einen Seite ein Graben anzulegen. Ausserdem sind überall da, wo durch die Anlage der Strasse der natürliche Abfluss des Wassers behindert oder concentrirt wird, Vorfluthgräben anzulegen.*)

Die Dimensionen der Gräben richten sich nach der abzuführenden Wassermenge resp. nach ihrem Gefälle.

Die **Grabenböschungen** sind in der Regel 1½fach anzulegen, eine einfache Anlage ist nur ausnahmsweise in genügend motivirten Fällen zulässig.

Gepflasterte Rinnen. In gebirgigem Terrain und bei seitlichem tiefem Einschnitt ist es zulässig, anstatt des Grabens eine gepflasterte Rinne von 1—1,5^{m} breit anzulegen. Hierbei ist es übrigens geboten, das Wasser häufig seitwärts unter der Strasse hindurch abzuführen.

Die **Breite des Schutzstreifens** längs des äusseren Grabenrandes oder am Fusse von Dammschüttungen beträgt bei mittlerem und schlechtem Land 0,6^{m}, bei gutem Land 0,5^{m}.

Böschungen. Alle Aufträge in reinem Sandboden, sofern die Boschungen nicht mit guter Erde bedeckt werden, erhalten eine 2fache, in andern Bodenarten eine 1½fache Anlage. Den Abträgen ist nach Beschaffenheit des Bodens oder Felsens eine etwas steilere Anlage zu geben, doch darf nur in besonders festen Felsarten unter ½fache Anlage herabgegangen werden. In niedrigen Einschnitten sind dagegen zur Verhütung von Schneeverwehungen die Böschungen abzuflachen.

Strassendämme über moorigem oder nachgiebigem Grunde sind mit breiten Banketts, welche bis zum höchsten Wasserstand reichen, herzustellen. Ist die Strasse Hochwasserfluthen oder dem Wellenschlag ausgesetzt, so ist auf geeignete Befestigungen oder flache Böschungen Bedacht zu nehmen.

Das **Quergefälle** der Steinbahn richtet sich zum Theil nach dem Längenprofil der Strasse, so dass bei starkem Gefäll ein geringeres Quergefäll angewendet wird, ausserdem wird dasselbe durch die Härte des Schottermaterials bedingt.

Nach erfolgter Befestigung der Steindecke muss dieselbe bei festem Material ein Quergefälle von 3—5^{cm}, bei mässig festem von 5—6^{cm} pro Meter der halben Breite der Steinbahn nachweisen.

Der Sommerweg und die Banketts erhalten ein Quergefälle von 3—5^{cm} pro Meter Breite.

Die **Steinbahnen** werden den örtlichen Verhältnissen entsprechend verschieden hergestellt und zwar:

a) aus einer Packlage mit Steinschlagdecke;

b) aus einem Unterbau von Grobschlag mit Steinschlagdecke;

c) aus Kies (Grand);

d) aus Kiesunterbau mit Steinschlagdecke;

e) aus einem Unterbau von Eisenschlacken oder Rasenerz mit Steinschlagdecke;

f) aus Pflaster von natürlichen Steinen,

g) aus hartgebrannten Ziegeln, sog. Klinkern.

*) Statt Gräben werden schmale mit Schotter gefüllte Rigolen empfohlen in Zeitschr. f. Transp. 1891.

Die Grösse der Steinstücke zur Packlage richtet sich nach der Stärke dieser Lage, diejenigen zu der etwa erforderlichen Mittellage dagegen nach der Qualität des Materials. Die Steinstärke zur Decklage darf bei festem Material nicht über 3—4 cm und bei weniger festen nicht über 4—5 cm betragen.

Die Klinkerbahnen erhalten wie das Pflaster eine Unterbettung von Kies oder reinem Sande, für erstere von 20—45 cm, für letztere von 15—20 cm Stärke. Nach Fertigstellung ist auf erstere eine 13 cm starke reine Sandschichte, auf letztere und zum Einfegen eine 4 cm starke Pflastersandschichte aufzubringen.

Der Sommerweg ist in der Regel mit Kies in mehreren Lagen von zusammen 8 cm Stärke zu befestigen. Die Befestigung des Banketts richtet sich nach der Beschaffenheit des Bodens.

IV. Durchlässe, Baumpflanzungen und Sicherheitsanlagen.

Durchlässe unter dem Strassenniveau dürfen nicht weniger als 0,5 m lichte Weite und Höhe erhalten. Werden Röhren eingelegt, so darf der innere Durchmesser nicht unter 0,25 m betragen, auch muss der Röhrenstrang in gerader Linie liegen. Seitendurchlässe müssen solche Dimensionen erhalten, wie sie der Wasserabfluss und eine gute Räumung erfordern.

Bei Baumpflanzungen ist die Entfernung der Bäume von einander stets nach ganzen Metern zu bemessen. Die zu pflanzenden Bäume müssen wenigstens 5 cm im Durchmesser und 2,5 m Stammhöhe haben.

Geländerpfosten sind in der Regel auf 4,0 m Entfernung zu setzen. Die darauf befestigten Holme müssen mit ihrer Oberfläche wenigstens 1,0 m über der Strassenkante liegen.

Werden Schutzsteine angewendet, so sind dieselben nach Erforderniss in Entfernungen von 1,5 m, höchstens von 2 m und so zu setzen, dass sie wenigstens 0,75 m über die Planumskante hervorragen.

Die Veranschlagung von Erdarbeiten in ebenem Terrain, auf welchem die Herstellung des Strassenplanums weder nennenswerthe Auf- noch Abträge nöthig macht, kann nach laufenden Metern erfolgen, wenn die jedesmalige Planumsbreite und das Querprofil der Seitengräben angegeben wird. In andern Fällen ist nach den Längen und Querprofilen eine Massenberechnung nebst Dispositionstabelle zu fertigen. Zum Titel Erdarbeiten gehören auch die Kosten für etwaige Drainirungen und für die Unterhaltung der Böschungen bis zum Anbau der Steinbahn.

Tabelle

für die gebräuchlichsten Abmessungen bei Kunststrassen.

Breite in Metern.	Mit Sommerweg.					Ohne Sommerweg.					
Steinbahn	5,0	4,5	4,0	4,5	4,5	5,6	5,0	5,0	4,5	4,5	4,5
Sommerweg	3,0	3,0	2,5	2,5	2,5	—	—	—	—	—	—
Materialienbankett . .	2,0	1,5	1,5	1,5	1,5	2,0	1,8	1,5	1,8	1,5	1,5
Fussgängerbankett . .	1,5	1,0	1,0	0,5	0,5	1,4	1,2	1,0	1,2	1,5	1,0
Gesammtbreite	11,5	10,0	9,5	9,0	9,0	9,0	8,0	7,5	7,5	7,5	7,0

Dimensionen der Gräben in Metern.					
Obere Breite	4,0	3,6	2,4	2,1	2,0
Sohlenbreite	1,0	0,6	0,6	0,6	0,5
Böschungsbreite . . .	1,5	1,5	0,9	0,75	0,75
Tiefe	1,0	1,0	0,6	0,5	0,5

Baumpflanzung.

0,3 m Abstand der Bäume von der Planumskante.
1,0—0,6 m Durchmesser u. Tiefe der Baumlöcher.
2,5 m Stammhöhe.
0,05 cm Baumstärke.

Bedarf an Steinmaterial.

Bei 17 cm hohem Steinpflaster pro □m
—:· 0,16—0,18 cbm
Bei 21 cm hohem Steinpflaster pro □m
—:· 0,21—0,23 cbm
} je nach der Beschaffenheit des Materials.

Zu einer neuen Steinbahn sind erforderlich zu den beiderseitigen 0,05—0,1 m breiten und 20—25 cm hohen Bindsteinen pro Hektometer —:· 3,4 cbm, abgerundet für die Veranschlagung 3,5 cbm.

Bezeichnet a die Breite in Metern, b die Stärke in Centimetern und c den Cubikinhalt in Cubikmetern, so berechnet sich der Steinbedarf (für die Veranschlagung abgerundet):

Breite in Mtr.	Packlage			Mittellage			Decklage			Durchschnittliche Stärke in cm
	a	b	c	a	b	c	a	b	c	
5,6	5,45	12	65,5	5,45	7	38,0	5,6	9	50,5	28
5,6	5,45	12	65,5	5,45	5	27,5	5,6	9	50,5	26
5,6	5,45	12	65,5	—	—	—	5,6	12	67,0	24
5,6	5,45	12	65,5	—	—	—	5,6	10	56,0	22
5,6	5,45	12	65,5	—	—	—	5,6	9	50,5	21
5,0	4,85	12	58,0	4,85	7	34,0	5,0	9	45,0	28
5,0	4,85	12	58,0	4,85	5	24,5	5,0	9	43,0	26
5,0	4,85	12	58,0	—	—	—	5,0	12	60,0	24
5,0	4,85	12	58,0	—	—	—	5,0	10	50,0	22
5,0	4,85	12	58,0	—	—	—	5,0	9	45,0	21
4,5	4,35	12	52,0	4,35	7	30,5	4,5	9	40,5	28
4,5	4,35	12	52,0	4,35	5	22,0	4,5	9	40,5	26
4,5	4,35	12	52,0	—	—	—	4,5	12	54,0	24
4,5	4,35	12	52,0	—	—	—	4,5	10	45,0	22
4,5	4,35	12	52,0	—	—	—	4,5	9	40,5	21
4,0	3,85	12	46,0	3,85	7	27,0	4,0	9	35,0	28
4,0	3,85	12	46,0	3,85	5	19,5	4,0	9	36,0	26
4,0	3,85	12	46,0	—	—	—	4,0	12	48,0	24
4,0	3,85	12	46,0	—	—	—	4,0	10	40,0	22
4,0	3,85	12	46,0	—	—	—	4,0	9	36,0	21

Die durchschnittliche Stärke der Pack- und Zwicklage resp. der Decklage ist in der Mitte um 13 mm zu vermehren und an den Seiten um eben so viel zu vermindern.

Bei Steinbahnen aus einem Unterbau von Grobgeschläg mit Steinschlagdecke gelten für das Grobgeschläg diejenigen Maasse und Steinquantitäten wie in der Tabelle für die Pack- und Zwicklage.

Bei der Unterhaltung der Strassen erscheint es zweckmässig, die Steine in Haufen von 0,5 oder 1,0 cbm, bei Neubauten in Haufen von einem oder mehreren ganzen Cubikmetern aufzusetzen.

Kalender

für

Strassen- & Wasserbau- und Cultur-Ingenieure.

Begründet von

A. Rheinhard.

Neu bearbeitet unter Mitwirkung von Fachgenossen

von

R. Scheck,

Königl. Preuss. Wasser-Bauinspector in Breslau.

Gehefteter Theil.

III. Abtheilung.

Fünfundzwanzigster Jahrgang 1898.

WIESBADEN.

Verlag von J. F. Bergmann.

Die gehefteten Theile allein können nicht abgegeben werden

F. SOENNECKEN

Die

Rundschrift

Mit Vorwort z. 1. u. 100. Aufl. von Geh. Reg.-Rat Prof. F. REULEAUX, herausgegeben von F. SOENNECKEN

Ausg. z. Selbstunterricht Teil I, vollst. Lehrg., m. 25 Fed. M 2.50
Teil II: M 1.50 * Teil III: M 1.—

1 Gros M 3.—
¼ Gros 80 Pf

In 11 verschiedenen Spitzenbreiten

Nur echt mit dem Namen ihres Erfinders „F. SOENNECKEN"
1 Auswahl, 25 einfache und doppelte Rundschriftfedern M 1.—

Soennecken's Zeichenfedern

Nr 140 K **20 Pf**

Nr 140: ¼ Gros M 2.25 * Nr 141: ¼ Gros M 2.25 * Nr 142: ¼ Gros M 1.20

Soennecken's Schreibfedern

1 Auswahl (15) Federn 30 Pf

1 Gros Nr 12 F M 2.50

Anerkannt vorzüglichste Qualität und Konstruktion

Soennecken's Goldfüllfedern

mit Diamant-(Iridium-) Spitze

Nr 544: M 12.— Mit zweckmäfsigem Taschenbuch M 14.—

Kein eintrocknen • Kein eintauchen • Kein abnutzen • Stets schreibbereit

Zweckm. Taschentintenfass Nr 275 aus Hartgummi M 2.—

Ueberall vorrätig, wo nicht, liefern wir direkt und von M 3.— an frei.

Berlin * BONN * Leipzig

Inhalt.

Seite

XIV. Stütz- und Futtermauern. 1) Bestimmung des Erddrucks. 2) Bestimmung der Stärke der Stütz- und Futtermauern. 3) Praktische Regeln und empirische Formeln für Stützmauern, Futtermauern und Steinbekleidungen 1

XV. Ueber Gründungen. Allgemeine Regeln. Tragfähigkeit des Baugrundes. Pfahlgründung. Pfahlschuhe. Pfahlringe. Tragfähigkeit der Pfähle. Spundpfähle, Spundbohlen. Einrammen der Pfähle. Wahl der zu verwendenden Ramme. Eiserne Pfähle. Ausziehen der Pfähle. Grundsägen. Umschliessung der Baugrube. Aushub der Baugrube. Trockenlegung der Baugrube. Gründungsarten. Sandfundamente. Der Schwellrost. Der Pfahlrost. Die Brunnengründung. Luftdruckgründung. Das Gefrierverfahren. Gründung auf Beton. Wasserkalkmörtel und Beton, Festigkeit derselben. Schwarzkalkmörtel. Trassmörtel. Portlandcementmörtel. Beton. Wasserdichte Cementmörtelüberzüge (Bestiche). Die Wahl der Gründungsart 8

XVI. Brückenbau. 1. Gewölbte Durchlässe. 2. Gewölbte Brücken. Betongewölbe. 3. Hölzerne Brücken. 4. Eiserne Brücken . 34

XVII. Maschinenbau. A. Maschinentheile. B. Arbeitsmaschinen. C. Kraftmaschinen. D. Dampfmaschinen 49

XVIII. Notizen über Grunderwerb und Nutzungs-Entschädigung 63

XIX. Neben- und Kleinbahnen 65

XX. Strassenbahnen. Allgemeines. I. Pferdebetrieb. II. Betrieb durch unmittelbare Einwirkung des Dampfes. III. Betrieb durch aufgespeicherte Kraft 73

XXI. Feldeisenbahnen für land- und forstwirthschaftlichen Betrieb. Ueber die Nutzleistung der Wald- und Feldbahnen. Construction der Bahnen. Berechnung der Tragkraft verschiedener Feldeisenbahn- (Vignole-) Schienen. Die Kosten der Feldeisenbahnen. Das rollende Material und weitere Preisnotizen 80

XXII. Lehr- und Arbeitsgerüste 90

XXIII. Elektrotechnik 92

Gesetze und Normen.

I. Normen für einheitliche Lieferung und Prüfung von Portland-Cement. (Ministerial-Erlass vom 28. Juli 1887.) 99

II. Auszug aus der Bahnordnung für die Neben-Eisenbahnen Deutschlands. (Vom 5. Juli 1892.) 104

III. Circularerlass des preuss. Ministeriums der öffentlichen Arbeiten, betr. die Mitbenutzung öffentlicher Wege zur Anlage von Bahnen untergeordneter Bedeutung (Neben-Eisenbahnen). (Vom 8. März 1881.) 112

IV. Auszug aus dem Gesetze über Kleinbahnen und Privatanschlussbahnen 114

V. Norm zur Berechnung der Honorars für Arbeiten des Architekten und Ingenieurs 122

Digitized by Google

Digitized by Google

XIV. Stütz- und Futtermauern.

Von Reg.-Baumeister Büuerle in Stuttgart.

1) Bestimmung des Erddrucks.

Der Erddruck ist abhängig von der Höhe der Wand h, von dem Böschungswinkel der Erdmasse φ, der Gestaltung, bezw. Belastung, der Oberfläche des Erdkörpers und dem specifischen Gewicht γ' der Erdmasse.

Von der Cohäsion der gebundenen Erdmasse ist im Allgemeinen abzusehen, da solche durch verschiedene Ursachen — Erschütterungen, Wasser, Frost — ganz oder theilweise aufgehoben werden kann und die gänzliche Fernhaltung dieser Ursachen vielfach ausser dem Bereiche des Baumeisters liegt.

Der horizontale Erddruck eines wagrecht begrenzten Erdkörpers von der Höhe h, dem Böschungswinkel φ und dem specifischen Gewicht γ beträgt in Tonnen pro lfd. m:

$$H = \frac{1}{2} h^2 . \gamma \operatorname{tg}^2 \left(45^0 - \frac{\varphi}{2}\right).$$

Der Erdwiderstand desselben Erdkörpers beträgt:

$$H = \frac{1}{2} h^2 \gamma \operatorname{tg}^2 \left(45 + \frac{\varphi}{2}\right).$$

Der Angriffspunkt liegt je in $^1/_3$ der Höhe.

Der horizontale Erddruck eines oben wagrecht begrenzten Erdkörpers, welcher ausserdem mit der Schüttungshöhe h_1 ($\gamma' h_1$ Tonnen pro qm) belastet ist, beträgt pro lfd. m in Tonnen:

$$H = \frac{1}{2} (h^2 + 2hh_1) \gamma \operatorname{tg}^2 \left(45^0 - \frac{\varphi}{2}\right)$$

und die Höhe des Angriffspunktes

$$= \frac{h}{3} \frac{3h_1 + h}{2h_1 + h}.$$

Statt $\operatorname{tg}^2 . \left(45^0 - \frac{\varphi}{2}\right)$ kann auch $\frac{1 - \sin \varphi}{1 + \sin \varphi}$ und für $\operatorname{tg}^2 \left(45^0 + \frac{\varphi}{2}\right)$ $\frac{1 + \sin \varphi}{1 - \sin \varphi}$ gesetzt werden.

Tabelle über die Böschungsverhältnisse und specifischen Gewichte der Erdarten.

Erdart.	Im Einschnitt.		In der Auffüllung.	
	Böschungsverhältniss.	Specifisch. Gewicht γ'.	Böschungsverhältniss.	Specifisch. Gewicht γ'.
Grobes Geröll, Schotter	1 : 1 —1 : 1¼	1,6—1,8	1 : 1 —1 : 1¼	1,6—1,8
Kies	1 : 1 —1 : 1½	1,5—1,7	1 : 1¼—1 : 1½	1,4—1,6
Sand, leicht. Boden	1 : 1½	1,4—1,8	1 : 1½—1 : 1¾	1,4—1,8
Geröll mit Lehm, Lehm, Mergel, trockener Thon .	1 : 1 —1 : 1½	1,7—2,0	1 : 1¼—1 : 1¾	1,5—1,8
Lehm und Thon, weich	1 : 1¾—1 : 2	1,8—2,0	1 : 2— 1 : 2½	1,7—1,9
Thon, Lehm, Sand, mit Wasser gesättigt	1 : 2¼—1 : 3¼	1,9—2,1	1 : 2¾—1 : 3¾	1,8—2,0
Wasser	1 : ∞	1,0	1 : ∞	1,0

Digitized by Google

Tabelle für den Coëfficienten des Erddruckes $\mathrm{tg}^2\left(45^0 - \frac{\varphi}{2}\right) = \frac{1 - \sin\varphi}{1 + \sin\varphi}$ für die verschiedenen Böschungswinkel.

Böschungsverhältniss.	Böschungswinkel.	Werth von $\mathrm{tg}^2\left(45^0 - \frac{\varphi}{2}\right)$.
1 : 1	45°	0,172
1 : 1¼	38° 40′	0,231
1 : 1½	33° 40	0,287
1 : 1¾	29° 45	0,337
1 : 2	26° 35′	0,382
1 : 2½	21° 45′	0,458
1 : 3¾	15°	0,588

2) Bestimmung der Stärke der Stütz- und Futtermauern.

Die Breite der Fundamentfuge ist zweckmässig so zu bestimmen, dass die Resultante aus Mauergewicht und Erddruck durch das mittlere Fugendrittel geht.

Für die Abmessungen einer Stützmauer sind von Einfluss

die Höhe h der Erdwand,
die Grösse und Richtung des Erddrucks und dessen Angriffspunkt,
die Form der Mauer und deren Gewicht.

Aus ersterer bestimmt sich die Lage des Schwerpunktes des Mauerprofils und das letztere bestimmt sich aus dem Profil und dem specifischen Gewicht γ_1 der Mauer.

Das specifische Gewicht von Mauern in Mörtel ist = 0,95—1,00 desjenigen des Steinmaterials.

Das specifische Gewicht von Beton ist = 2,2—2,4. Das specifische Gewicht von Trockenmauern ist = 0,80—0,90 des Steinmaterials und dasjenige von Steinbeugungen und Steinsätzen = 0,70—0,80 der Steine.

Das specifische Gewicht der Bausteine beträgt:

Werkstein, Sandstein	2,15—2,30
Kalkstein	2,30—2,50
Marmor, Granit, Gneis und Porphyr	2,40—2,80
Backsteine	1,60—1,80

In nachstehenden Formen I—X (S. 3) lassen sich sämmtliche Profilformen eintheilen.

Bei gleicher Höhe und Widerstandsfähigkeit ist, wenn man für Form I—III die untere Dicke = B setzt, diejenige für Form IV und V B_1 = 0,79 B; für Form VI B_2 = 0,91 B, für Form VII und VIII B_3 = 1,025 B; für Form IX B_4 = 1,12 B; Form III, VII und VIII ist die gewöhnliche Form für Stützmauern; Form IV und VI für Futtermauern; Form VI und VII kommen wegen des starken Anlaufs gewöhnlich für Trockenmauern und Steinsätze in Anwendung. Die Profile mit gebrochener und gekrümmter Begrenzung kommen wegen Mehraufwands bei der Herstellung weniger in Anwendung. Aus obiger Zusammenstellung ersieht man auch, dass für die oberen Breiten von ¼—¾ der unteren, letztere ziemlich gleich bleibt. Bei Erdkörpern, welche über der Stützmauer mit der natürlichen Böschung begrenzt sind, sind die Profile mit starkem Anlauf, also Form VI und VII nicht mehr günstig, weil hiedurch die Höhe der Stützmauer zunimmt. Bei den Profilformen III, VIII und IX lassen sich bei Stützmauern durch Anordnung von Absätzen an der hinteren Begrenzung Ersparnisse erzielen. Bei Futtermauern sind solche unzweckmässig. Wenn jedoch die Erde am Mauerwerk nicht gestampft oder die Mauer nicht mit Steinen hinterbeugt wird, so veranlassen die Absätze ungleiches Setzen und dringt durch die Setzrisse leicht das Wasser ein und durchweicht die Hinterfüllung.

Stützmauerprofile

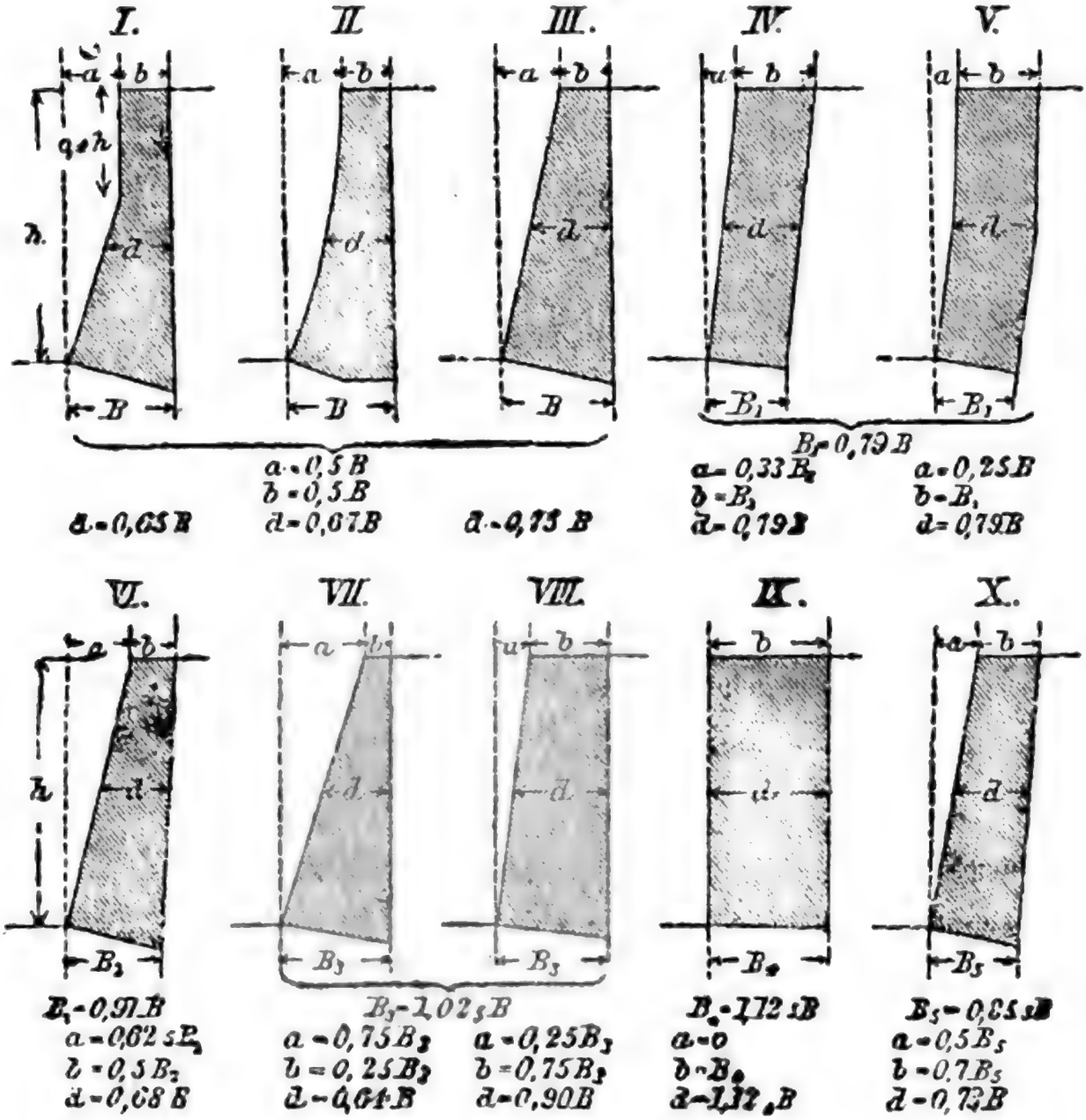


Fig. 1—10.

In nachstehender Tabelle sind für die verschiedenen Böschungsverhältnisse und dem Verhältniss zwischen specifischem Gewicht der Erde γ und der Mauer γ_1, das Verhältniss zwischen Fundamentbreite B und Höhe h, $\frac{B}{h}$ für einen unbelasteten, horizontal begrenzten Erdkörper zusammengestellt. Aus der Breite B für die Formen I—III ergeben sich diejenigen für Form IV—X.

Natürliche Böschung	$\frac{\gamma}{\gamma_1}$ = 0,6	= 0,7	= 0,8	= 0,9	= 1,0
	$\frac{B}{h}$				
1 : 1	= 0,29	= 0,31	= 0,33	= 0,35	= 0,37
1 : 1¼	= 0,33₅	= 0,36	= 0,38₅	= 0,41	= 0,43
1 : 1½	= 0,37	= 0,40	= 0,43	= 0,45₅	= 0,48
1 : 1¾	= 0,40	= 0,43	= 0,46	= 0,49	= 0,52
1 : 2	= 0,43	= 0,46	= 0,49	= 0,52	= 0,55
1 : 2½	= 0,47	= 0,50₅	= 0,54	= 0,57₅	= 0,60₅
1 : 3¾	= 0,53	= 0,57	= 0,61	= 0,65	= 0,68₅

Für Mauern mit Wasserdruck hat man nachstehende Tabelle, wenn h die Höhe der Mauer ist und der Wasserstand sich bis auf die Mauerkrone erstreckt.

Spec. Gewicht der Mauer	= 1,6	= 1,8	= 2,0	= 2,25	= 2,50
Werthe von $\frac{B}{h}$ für Form I—III.	= 0,71	= 0,67	= 0,63	= 0,60	= 0,56$_5$

Ist der Erdkörper belastet, so sind bei einer Belastungshöhe $h_1 = h_1\gamma'$ Tonnen pro qm die Abmessungen im Verhältniss $1 : \sqrt{1 + \frac{3h_1}{h}}$ zu vergrössern. Die Verkehrsbelastungshöhe beträgt für Fusssteige und Nebenwege 0,20^m, für die Fahrbahn von Nebenstrassen 0,35^m, für solche von Hauptstrassen und Dampfstrassenbahnen bei einer Mauerhöhe bis zu 3^m 0,8^m, bei 5^m und mehr 0,5^m. Bei Eisenbahnen beträgt die Verkehrsbelastung bei Mauern bis 5^m Höhe 1,50^m, bei 8^m Höhe und darüber 1,0^m.

Ist die Mauer mit $\gamma'_1 h_2$ Tonnen pro lfd. Meter belastet, so sind die Dimensionen im Verhältniss von $1 : \sqrt{\frac{h}{h + h_2}}$ zu ermässigen.

Wenn der Erdkörper in Mauerhöhe nicht horizontal abgeglichen ist, sondern mit der natürlichen Böschung darüber abgeböscht ist, so genügen die auf S. 3 angegebenen Stärken ebenfalls, da alsdann in Bezug auf die Stabilität der Stützmauer die schiefe Richtung des Erddrucks die Wirkung des vergrösserten Erddrucks ausgleicht.

Beträgt bei belastetem, über der Mauerkrone abgeböschtem Erdkörpers die Höhe des Erdkörpers über der Mauerkrone

bei 1facher natürlicher Böschung 0,7,
» 1$^1/_2$ » » » 0,55
» 2 » » » 0,45

der Mauerhöhe und darüber, so ist für die Verkehrslast kein Zuschlag für die Stärke erforderlich.

Steinbeugungen und Steinsätze sind $1^1/_2$ mal so stark zu machen als Trockenmauern, weil solche nicht als absolut starre Massen betrachtet werden können.

Verkleidungsmauern an verwitterbarem Felsen erhalten bei $^1/_5$ Anlauf eine obere Stärke von $^1/_{10}$ der Höhe und eine untere Stärke von $^1/_7$—$^1/_5$ der Höhe.

Wassermauern, welche einem wechselnden Wasserdruck ausgesetzt sind und anderseits Erdkörper stützen, sind von der Höhe der Mauerkrone bis zur Höhe des höchsten Wasserstandes als Stützmauern mit trocknem Hinterfüllmaterial, von der Fundamentfuge bis auf Höhe des höchsten Wasserstands als Stützmauern mit durchweichtem Hinterfüllungsmaterial zu berechnen, wobei alsdann für den Theil von Fundamentfuge bis Niederwasserhöhe der vor der Mauer wirkende Wasserdruck in Abzug gebracht werden kann.

Bei Anwendung von Strebepfeilern hat man, wenn l_1 die Breite, h_1 die Stärke der Strebepfeiler, l deren Abstand und b die Stärke der zwischenliegenden Mauer bezeichnet, und B die entsprechende Stärke einer gleich stark durchgeführten Mauer bezeichnet, die Beziehung

$$(l + l_1)\, B^2 = l_1 b_1^2 + l b^2 + \frac{4 b b_1 l l_1 (b_1 - b)^2}{l b^2 + l_1 b_1^2}.$$

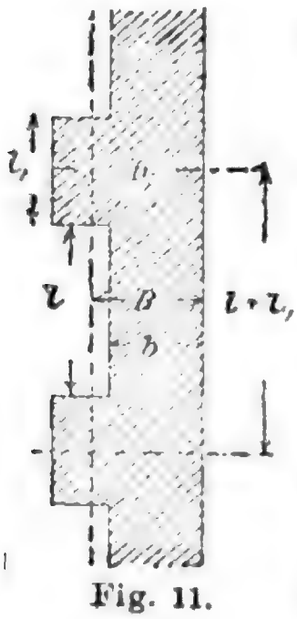


Fig. 11.

Aus dem Verhältniss von $l : l_1$ und $b : b_1$ ergibt sich alsdann b und b_1 in Function von B.

Erhebliche Ersparnisse lassen sich nicht erzielen und werden mehr als ausgeglichen durch die theurere Herstellung — namentlich bei Hausteinen — der Pfeilervorsprünge. Dagegen können Schönheitsrücksichten für deren Ausführung maassgebend sein. Die Minimalmauerstärken betragen beim Strassenbau 0,45^m, beim Eisenbahnbau 0,60^m.

Die Druckhöhen im Mauerwerk und auf den Baugrund betragen je nach dem Profil das $1^1/_3$—2fache der Mauerhöhe. Profile mit starkem Anlauf geben geringere Belastung des Mauerwerks und Baugrunds. Bei schlechtem Baugrund kann durch Herstellen eines Fundamentvorsprungs bis zu $^1/_3$ der Fundamentbreite

Digitized by Google

der Druck auf den Baugrund bis auf das 1—1½fache des der Mauerhöhe entsprechenden reducirt werden.

Bezüglich der Ausführung der Stützmauern ist Folgendes zu beachten.

Um thunlichst geringe Dimensionen zu erhalten, ist möglichst schweres Steinmaterial zu verwenden, da bezüglich der Druckverhältnisse geringe Ansprüche gemacht werden, so genügt Wetterbeständigkeit des Steinmaterials.

Da die Rechnung die Stützmauern als starre Massen voraussetzt, so ist dieser Annahme durch sattes Aneinanderschliessen und Verspannen der Steine, sorgfältige Ausfüllung aller Hohlräume und guten Verband thunlichst zu entsprechen. Auf grosse lagerhafte Steine ist zu sehen. Die Richtung der Lagerfugen ist am zweckmässigsten senkrecht zum Mauerhaupt. Bei Steinsätzen und stark geböschten Trockenmauern ist eine abgetreppte Herstellung zweckmässig, wobei die Richtung der Lagerfugen den Winkel zwischen der Horizontalen und Senkrechten zur Böschung halbirt.

Bei Herstellen von Futtermauern ist auf satten Anschluss der Mauer an die Erdwand zu achten.

Bei den Stützmauern ist die Hinterfüllung in horizontalen Schichten einzubringen und zu stampfen und ist zum Hinterfüllen thunlichst trocknes Material zu verwenden, durchweichtes Material ist durch Anlage von Steinbeugungen zu entwässern, bezw. dessen schädlichem Einfluss einigermassen zu begegnen.

Für Entwässerung des Erdkörpers ist durch Anbringung von Sickerschlitzen Sorge zu tragen. Wasseradern bei Ausführung von Futtermauern sind zu fassen und direct vor die Stützmauer abzuleiten.

Da die Stabilitätsverhältnisse der Stützmauern mit dem Wassergehalt der Erdmassen erheblich abnehmen, so ist für Fernhaltung des Eindringens von Tagwasser Sorge zu tragen, mit Wasser gesättigtes Material ist geraume Zeit zuvor gründlich zu entwässern, ebenso zu Rutschungen geneigtes Material.

Bei hohen Haldenwänden mit voraussichtlich starkem Druck kann sich die Ausführung der Stützmauer in einem Schlitz, dessen Wände über die Zeit der Bauausführung sich gegenseitig stützen, empfehlen und geschieht der Aushub des Erdkörpers nach Fertigstellung der Mauer. Die Fundamentsohle ist thunlichst unter die Frostgrenze zu legen.

3) Praktische Regeln und empirische Formeln für Stützmauern, Futtermauern und Steinbekleidungen.

Trockenmauerwerk.

Anschüttungen von mehr als einfacher Böschung stellt man aus Trockenmauerwerk her. Für die Bekleidung werden die lagerhaften Steine ausgesucht und mit möglichst regelmässiger Schichtung ca. 1^m dick in Moos oder im Nothfalle auch in magerer Erde versetzt. Gewöhnlich wird die Trockenmauer bis zur Bahnkrone geführt; eine Ueberschüttung soll nicht über 1^m betragen.

Die üblichen ⅔fachen Böschungen bei Trockenmauern sind zulässig bis 10^m Höhe; bei grösserer Höhe sind dieselben zu brechen und der untere Theil mit ⅘ Dossirung anzulegen. ½fache Böschungen können bis 6^m Höhe ausgeführt werden. Die Hinterfläche macht man am besten vertical oder schwach geneigt bis zum gewachsenen Boden, von hier an parallel zur Vorderfläche.

Für die Kronenbreite von Trockenmauern mit ½facher Böschung und h^m Höhe wurden bei der Brennerbahn genommen:

1) Bei Mauern ohne Ueberschüttung: $b = 1 + \frac{h}{6}$ Meter.

2) « « mit ca. 1^m « $b = 1 + \frac{h+1}{6}$ « .

Stützmauern.

Sind Anschüttungen mit mehr als ½facher Böschung erforderlich, so müssen Stützmauern angewendet werden. Diese sind aus lagerhaften, aber nicht gerade regelmässigen Bruchsteinen in Mörtel aufzuführen.

Die Aussenfläche ist ⅕—⅒ geböscht, die Hinterfläche vertical oder mit Absätzen versehen.

Eine Ueberschüttung von 1^m über der Mauerkrone ist der Durch-

Digitized by Google

führung der Stützmauer bis zur Krone des Dammes vorzuziehen; erst bei grösserer Ueberschüttungshöhe ist eine Verstärkung zu berechnen.

Stützmauern von nicht über 1^{m} Höhe erhalten bei Eisenbahnbauten eine obere Stärke von nicht unter 0,60^{m}, bei Strassenbauten von mindestens 0,45^{m}. Für Mauern von grösserer Höhe kann man die nachfolgenden Formeln und Tabellen benutzen. Bei diesen ist eine 1/6 geböschte Vorderfläche und verticale Hinterfläche vorausgesetzt; bei Mauern mit anders geformtem Querprofil kann man die Resultate entsprechend modificiren.

Für Stützmauern ohne (oder bis 1^{m}) Ueberschüttung vor vollständigen Anschüttungen oder vor Anschüttungen an Hängen mit losem Material bestimmt sich die Kronenbreite aus der Formel:

$$1)\quad b = 0{,}438 + 0{,}2\ h \text{ Meter},$$

wobei h die sichtbare Mauerhöhe in Metern bedeutet.

An Abhängen mit festem Material (Felsen etc.) bestimmt man zuerst mit dieser Formel für die sichtbare Mauerhöhe h die Kronenbreite b, zeichnet die Hinterfläche der Mauer auf, wodurch man annähernd diejenige h_1 erhält, auf welche die Anschüttung drückt. Mit dieser rechnet man jetzt die wirkliche obere Mauerdicke nach der Formel:

$$2)\quad b_1 = -\tfrac{1}{6}\,h + (b + \tfrac{1}{6}\,h_1)\sqrt{\frac{3\,h - 2\,h_1}{h}} \text{ Meter}.$$

Werden die Mauern mit Steinen hinterbeugt, so kann man die Mauerdicke um h/20 vermindern.

Bei Stützmauern mit Ueberschüttung von 1—1½facher Böschung wird die obere Mauerdicke:

$$3)\quad b = 0{,}438 + 0{,}3\ h - \frac{h}{10}\left(1 - \frac{H}{3\ h}\right)^2 \text{ Meter},$$

wo h die sichtbare Mauerhöhe und H die Höhe der Ueberschüttung über der Mauerkrone bezeichnet.

Bei einer Ueberschüttung von $H \leqq 3\,h$ behält b immer denselben Werth, d. i.:

$$4)\quad b = 0{,}438 + 0{,}3\ h.$$

Bei Hinterbeugung der Stützmauer wenigstens bis auf Kronenhöhe kann man die Stärke um $\frac{h}{12} - \frac{h}{18}$ vermindern.

Die Resultate dieser Formeln für Mauern bis 10^{m} Höhe sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Kronenbreite von Stützmauern.

(Vorn 1/6 geböscht, hinten vertical.)

Sichtbare Mauerhöhe.	Bei einer Ueberschüttung von								
	0—1^{m}	3^{m}	6^{m}	9^{m}	12^{m}	15^{m}	20^{m}	25^{m}	30^{m}
m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
1	0,64	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74
2	0,84	0,99	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04
3	1,04	1,21	1,31	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34
4	1,24	1,42	1,54	1,62	1,64	1,64	1,64	1,64	1,64
5	1,44	1,62	1,76	1,86	1,92	1,94	1,94	1,94	1,94
6	1,64	1,82	1,97	2,09	2,17	2,22	2,22	2,22	2,22
7	1,84	2,03	2,18	2,31	2,41	2,48	2,54	2,54	2,54
8	2,04	2,23	2,39	2,53	2,64	2,73	2,82	2,82	2,82
9	2,24	2,43	2,60	2,74	2,86	2,96	3,08	3,14	3,14
10	2,44	2,63	2,80	2,95	3,08	3,19	3,33	3,41	3,44

Futtermauern.

Futtermauern heisst man diejenigen, dem Erddruck ausgesetzten Mauern, welche vor gewachsenem Boden aufgeführt werden, und welche — wenn nicht letzterer zu Rutschungen geneigt ist — einen geringeren Druck auszuhalten haben, wie die Stützmauern. Bei Bodensorten, die

Digitized by Google

denen erhebliche Bewegungen im Falle des Anschneidens eintreten werden (wie bei wässerigen), können Futtermauern überhaupt kaum einen Widerstand leisten, wenn man nicht durch Entwässerung oder auf eine andere Weise abhelfen kann.

Bei Felsen können die Futtermauern mitunter so schwach wie freistehende Mauern gehalten werden und treten dann auch als blosse Verkleidungsmauern auf. Die folgenden Formeln und Tabellen gelten für gewöhnliches trockenes Erdmaterial.

Für Futtermauern, welche bis an das gewachsene Terrain oder bis 1^m unter Terrainhöhe geführt werden, ist die obere Stärke:

$$1)\quad b = 0{,}292 + 0{,}17\,h.$$

Für Futtermauern mit Erdüberschüttung dagegen:

$$2)\quad b = 0{,}292 + 0{,}27\,h - \frac{h}{10}\left(1 - \frac{H}{3\,h}\right)^2$$

h sichtbare Mauerhöhe, H Höhe der Ueberschüttung bei 1—1½facher Böschung.

Die Stärke von Futtermauern, bei welchen sich der untere Theil an absolut festem Boden unmittelbar anlehnt, bestimmt sich mit diesen Formeln durch eine provisorische Berechnung und Zeichnung, und nachherige genaue Berechnung nach Formel (2) der Stützmauern.

Der Grenzwerth der Stärke bei Mauern mit Ueberschüttung ist wieder bei $H = 3h$. — Futtermauern unter 1^m Höhe erhalten eine obere Dicke von $0{,}50^m$ Min.

Für Mauern bis 10^m Höhe enthält die folgende Tabelle die sich aus obigen Formeln ergebenden Resultate.

Kronenbreite von Futtermauern.

(Vorn 1/6 geböscht, hinten vertical.)

Sichtbare Mauerhöhe.	Bei einer Ueberschüttung von								
	$0—1^m$	3^m	6^m	9^m	12^m	15^m	20^m	25^m	30^m
m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
1	0,46	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56
2	0,63	0,78	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83
3	0,80	0,97	1,07	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10
4	0,97	1,15	1,27	1,35	1,37	1,37	1,37	1,37	1,37
5	1,14	1,32	1,46	1,56	1,62	1,64	1,64	1,64	1,64
6	1,31	1,49	1,64	1,76	1,84	1,89	1,91	1,91	1,91
7	1,48	1,67	1,82	1,95	2,05	2,12	2,18	2,18	2,18
8	1,65	1,84	2,00	2,14	2,25	2,34	2,43	2,45	2,45
9	1,82	2,01	2,18	2,32	2,44	2,54	2,66	2,72	2,72
10	1,99	2,18	2,35	2,50	2,63	2,74	2,88	2,96	2,99

Anmerkung. Für andere Mauerhöhen (unter 10^m) und Ueberschüttungshöhen ergeben sich die entsprechenden Dimensionen, welche man gewöhnlich auf halbe Decimeter abrundet, aus den Tabellen durch Interpolation.

Verkleidungsmauern.

Diese werden vor Felswänden entweder der ganzen Länge und Höhe nach oder nur an bedenklichen Stellen aufgeführt. Sie erhalten folgende Dimensionen: bis 2^m Höhe gleichmässige Stärke von $0{,}40^m$,
von $2—6^m$ « « « $0{,}60^m$.

Bei Höhen über 6^m wird die obere Stärke $0{,}70^m$ und die untere $0{,}70 + \frac{h}{10}$ Meter. Diese Dimensionen unter der Annahme, dass die Mauern mit 1/6 geneigt hergestellt werden.

XV. Ueber Gründungen.

Bearbeitet von Baurath Rheinhard und Regierungsbaumeister Stäbler in Stuttgart.

Allgemeine Regeln.

Die Lage, Form und Grösse der Fundamentfläche soll den herrschenden Druckverhältnissen entsprechen. Die Fundamente sind daher in der Regel so anzuordnen, dass der Druck über die ganze Grundfläche derselben sich möglichst gleichförmig vertheilt, nur bei vollkommen festem Grund ist eine ungleiche Belastung desselben zulässig.

Die Fundamentfläche soll, wenn möglich, senkrecht zur Druckrichtung sein, die Abweichung hiervon bei 2-facher Sicherheit höchstens 15—18° betragen. Es soll in der Regel kein wenn auch gleichmässiges Setzen des Bauwerks stattfinden. Ausnahmen sind nur bei weniger bedeutenden Bauten gestattet, bei welchen eine genaue Höhenlage und sonstige durch etwaige Setzungen entstehenden Unregelmässigkeiten von keinem Belang sind, und welche zugleich mit dem geringsten Kostenaufwand hergestellt werden sollen.

Die Sohle des Grundbaues muss bei allen werthvolleren Bauten stets ausserhalb der Frostgrenze, gewöhnlich also 1—1,25^{m} unter der Bodenoberfläche liegen. Bei frostbeständigem Felsen kann man mit dieser Tiefe auch unter 1^{m} herabgehen.

Bei Interimsbauten können die angegebenen grössten Pressungen um 40—50 % grösser angenommen werden.

Bei Gründungen auf Felsen ist zuvor das lose Gestein bezw. der faule Felsen zu entfernen.

Bei abgetreppten Fundamenten gilt als Grenze der Ausladung jedes Fundamentabsatzes zu seiner Höhe das Verhältniss 1 : 1, dagegen = 1 : 1,5 bezüglich des gesammten Fundamentvorsprungs zu seiner Höhe

Tragfähigkeit des Baugrundes.

Geschlossener Felsen, wenn annähernd horizontal gelagert, Kies und Sand, wenn festgelagert, haben bei 2—3^{m}, ebenso trockener Lehm oder Thon bei 3—4^{m} Mächtigkeit für die meisten Bauwerke genügende Tragfähigkeit, sofern darunter nicht nachgiebige Schlamm-, Moor- und dergl. Schichten gelagert sind. Die Tragfähigkeit von Felsen beträgt etwa 10 % seiner rückwirkenden Festigkeit, jedoch darf die zulässige Beanspruchung des Fundamentmaterials hierbei nicht überschritten werden; bei sehr festem felsigem Untergrund beträgt dieselbe 7—10 kg, desgl. bei fest gelagertem Kies und Sand 4—5 kg, bei trockenem Lehm oder Thonboden 2—3 kg, bei Alluvialboden ca. 1,1 kg pro qcm.

Bei den gewölbten Viaducten der Berliner Stadteisenbahn ist als obere Grenze bei Sandboden 4,5 kg pro qcm zugelassen worden. Wenn ein geringes Setzen nicht schädlich ist, so darf dieser Druck noch ziemlich überschritten werden. Bei der East River-Brücke wird z. B. der feste Thonboden mit ca. 6—7 kg pro qcm gepresst.

Die zulässige Belastung künstlich befestigten Baugrunds beträgt bei 2^{m} starker Sandschüttung ebenso wie bei Schwellrost ca. 2—3 kg, bei Pfahlrost, wobei auf 0,8 qm Grundfläche ein Pfahl mit 25 t Tragfähigkeit zu rechnen ist, 2—4 kg, bei tiefstehendem Moorboden, wobei auf 0,6 qm Grundfläche ein Pfahl mit 5—7,5 t Tragfähigkeit kommt, 0,8—1,2 kg pro qcm. Die Grenzbelastung der Schraubenpfähle bei Sandboden soll pro qcm Stützfläche 8—12 kg, pro qcm Pfahlkopf 45 kg nicht überschreiten.

Pfahlgründung.

Hierbei werden unterschieden Grundpfähle und Langpfähle, erstere stehen ihrer ganzen Länge nach, letztere nur zum Theil im Boden. Das Holz zu den Pfählen muss entrindet, gesund, durchaus gerade gewachsen und frisch sein; trockenes Holz soll vor der Verwendung einige Tage in's Wasser gelegt werden.

Die Grundpfähle erhalten bei 3—4^{m} Länge eine mittlere Stärke von 20—24^{cm}, bis 5^{m} Länge von 25^{cm}, über 5^{m} wird der Stärke je pro Meter Mehrlänge 1,5^{cm} zugeschlagen.

Nach Perronet erhalten Langpfähle von 5—6^{m} Länge eine mittlere Stärke von 27^{cm} und sollen für jeden Meter Mehrlänge 2,8^{cm} zu-

Digitized by Google

geschlagen werden. Die Stärke der Grund- bezw. der Langpfähle kann auch nach den Formeln $d = 12 + 3l$ und $d = 15 + 2{,}75l$ bestimmt werden, worin d die Stärke in cm und l die Länge in m bezeichnet.

Die Länge der Pfähle kann bis zu 20^m betragen, meistens sollte sie aber $12—15^m$ nicht übersteigen, weil alsdann andere Gründungsarten billiger sind.

Die Länge der Pfähle ist durch Schlagen von Probepfählen zu ermitteln. Grundpfähle sollen in der Regel $2—3^m$ im festen Boden stehen. Bei Bohlwerken gilt die Regel, die Pfähle mindestens so tief in den Boden reichen zu lassen, als sie darüber hervorragen.

Je fester der Boden ist, desto weniger schlank darf die Spitze sein. Deren Länge soll etwa das $1^1/_2—3$-fache des Pfahldurchmessers betragen.

Pfahlschuhe.

In festem, namentlich in steinigem Boden werden die Pfahlspitzen in der Regel mit eisernen Schuhen versehen. Gewöhnlich werden 4lappige schmiedeiserne Schuhe mit Stahlspitzen verwendet, zweckmässiger sind kegelförmige Pfahlschuhe aus $2{,}5—5^{mm}$ starkem Eisenblech, welche an der Spitze mit einem entsprechend starken Stahlkern zusammengeschweisst werden. Das Gewicht solcher kegelförmigen Pfahlschuhe für Pfähle von $20—25^{cm}$ Stärke ist ca. 3 kg pro Stück. Kosten pro kg 60 Pf.

Nach Defontaine beträgt das Gewicht 4lappiger Pfahlschuhe mit Gusseisenkern:

Durchmesser des Pfahles in cm	Gewicht in kg	Seite der quadrat. Sitzfläche in cm
36—40	8	12
32—35	7	11
28—31	6	10
24—27	5	9
20—23	4	8
16—19	3	7

Wenn d der Pfahldurchmesser, so wird zweckmässig die Länge der Lappen $= 1{,}75\,d$, deren Breite $= 0{,}2\,d$ und die Stärke derselben $= 0{,}05\,d$ gewählt.

Pfahlringe

sind anzuwenden, wenn mit schweren Bären bei grosser Fallhöhe gearbeitet wird, sie erhalten zweckmässig eine conische Verjüngung von 1 : 10. Die Ringe sollen aus sehnigem Eisen bestehen und mindestens 25^{mm} stark, 60^{mm} hoch, bei sehr schweren Rammbären aber mindestens 50^{mm} stark, 100^{mm} hoch sein.

Tragfähigkeit der Pfähle.

Ein hölzerner Pfahl von 25^{cm} Durchmesser wird gewöhnlich nur mit ca. 4000 kg, ein solcher von 35^{cm} Durchmesser mit 7500 kg belastet, als äusserste Grenze sind 25000 kg bezw. 50000 kg anzunehmen.

Nach Sganzin trägt ein Pfahl, der mit einer Kunstramme eingeschlagen wird und bei 10 Schlägen $3{,}5^m$ Fallhöhe und 625 kg Bärgewicht oder bei Anwendung einer Zugramme mit $1{,}2^m$ Hubhöhe und demselben Bären aber bei 30 Schlägen noch 12^{cm} tief einsinkt 26,5 t und bei 400 kg Bärgewicht noch 17,5 t.

Nach Perronet gilt als Regel, dass ein Pfahl nur dann als feststehend zu betrachten ist, wenn derselbe während mehrerer Hitzen von 25—30 Schlägen bei ca. 300 kg schwerem Bär und $1{,}5^m$ Fallhöhe nicht mehr als $4—6^{mm}$ pro Hitze eingedrungen ist.

Die Tragfähigkeit der Pfähle bestimmt sich aus nachstehenden Formeln: Bezeichnet q das Gewicht des Pfahls und Q das des Bärs in kg, h die Fallhöhe des letzteren in mm, P die grösste Belastung in kg, welche der Pfahl ohne tiefer einzusinken noch tragen kann, $p = \frac{P}{m}$ die zulässige Belastung in kg, wobei m je nach der Wichtigkeit des Bauwerks = 8 bis 4 anzunehmen ist, e die Tiefe in mm, um welche der Pfahl beim letzten Schlag, wenn er p tragen soll, noch eindringen darf, so ist:

$$P = \frac{h\,Q^2 . q}{e\,(Q+q)^2};\quad p = \frac{1}{m} \cdot \frac{h\,Q^2 . q}{e\,(Q+q)^2};\quad e = \frac{1}{m}\,\frac{h\,Q^2 . q}{p\,(Q+q)^2}.$$

Vergl. Ossent's schweiz. Banz. No. 16, 1892 neue Untersuchungen.

Bei Anwendung eines Rammknechts (Pfahlaufsatzes) vom Gewicht q_1 in kg wird $p = \frac{1}{m e_1} \cdot \frac{h Q^2 q . q^2_1}{(Q + q_1)^2 (q_1 + q)^2}$, worin e_1 das Eindringen des Pfahls beim ersten Schlag bezeichnet.

Der Effectverlust bei Anwendung eines Rammknechts beträgt ca. 15 bis 25%.

Spundpfähle, Spundbohlen.

Dieselben werden 7—30^{cm} stark und 25—35^{cm} breit angenommen und erhalten bei Sandboden bis zu 2,5^{m} Länge 7^{cm}, bei 3,0^{m} Länge und festem Rammgrund 13^{cm} Stärke; die Stärke wird bei jedem weiteren Meter Länge um je 2,5 bis 3^{cm} vergrössert.

Die Spundung soll in der Regel bei 12^{cm} Stärke und darüber keilförmig, nur bei Schlammboden quadratisch sein und im ersten Fall die Hälfte, im letzteren 1/3 der Bohlenstärke betragen. Bei geringerer Stärke als 12^{cm} wird die Gradspundung oder auch die halbe Spundung angewendet*).

Die Schneide der Spundbohlen erhält die 2- bis 3-fache Holzdicke zur Länge und wird unten des dichteren Anschlusses halber etwas abgeschrägt.

In steinigem, überhaupt in sehr festem Boden werden eiserne Schuhe angewandt.

Bezeichnet d und u den Durchmesser und den Umfang eines Spund- bezw. Rundpfahls in cm, F seinen Querschnitt in □^{cm} und t der Taglohn eines Zimmermanns in Mark, so erfordert nach Osthoff:

	das Spitzen	Anschuhen	Anlegen des Rings
bei weichem Holz	0,0000 7d²t	0,0003 u t	0,00025 u t
« hartem «	0,0001 d²t	0,0004 u t	0,00035 u t

Das Anschneiden eines Zapfens 0,00015 F . t bezw. 0,00022 F . t.

« Abschneiden	über Wasser 0,75^{m}.	1,5^{m} unter Wasser.
bei weichem Holz	0,0002 F t	0,0004 F t	0,0006 F t
« hartem «	0,00028 F t	0,00056 F t.	0,00084 F t.

Eine mit 10 Pferdekräften getriebene Spundungsmaschine kann (in 12 Stunden) 300—400 laufende Meter Bohlen von 20—25^{cm} Stärke mit Nut und Feder versehen, und kostet die Spundung von 1 cbm Pfählen von 15—30^{cm} Stärke ca. 2 Mk. 50 Pf., dagegen bei Handarbeit ca. 6 Mk. 50 Pf. bis 8 Mk. 50 Pf.

Einrammen der Pfähle.

Kleinere Pfähle von 10—12^{cm} Durchmesser und bis 1,5^{m} Eindringungstiefe werden bei leichtem Boden mit dem Schlegel, bis zu 17—20^{cm} Durchmesser mit der Handramme eingetrieben, ersterer hat ein Gewicht bis zu 12 kg, bei letzterer rechnet man pro Mann 12—15 kg Gewicht, so dass eine 4männige Handramme höchstens 50—60 kg schwer ist. Die Hubhöhe einer solchen beträgt 0,6—0,9^{m}. Mit einer derartigen Handramme können in gewöhnlichem Boden pro Tag 8 Stück Pfähle von 20^{cm} Durchmesser mit zusammen 12—15^{m} Eindringungstiefe gerammt werden, die Kosten betragen hierbei durchschnittlich pro m 0,8—1,0 Mk., das Einrammen kleinerer Pfähle auf 1,0^{m} Tiefe kostet etwa 0,6—0,7 Mk. pro Stück.

Stärkere Pfähle werden mit der Zug-, Kunst-, Dampfkunst-, Dampf- oder Pulverramme eingerammt.

Häufig wird bei kleineren Fundationen mit einer Zugramme vorgeschlagen und erst bei tieferem Eindringen der Pfähle oder Bohlen die Kunstramme angewendet.

Bei Anwendung einer Zugramme sind pro 100 kg Bärgewicht je 6 Mann aufzustellen, von welchen jeder mindestens 0,5 qm Standfläche bedarf. Pro Tag lassen sich etwa 160—170 Hitzen machen, da ca. 3 Stunden für das Stellen und Richten der Pfähle, sowie für das Versetzen der Ramme nöthig sind.

Der Arbeitsaufwand beträgt pro Meter eingerammte Pfahllänge sammt Verzinsung, Amortisation, Reparaturen und Versetzen der Ramme, wenn u = Pfahlumfang in cm ist, bis zu 2,0^{m} Rammtiefe in lockerem Boden 0,012 u t und in kiesigem Boden 0,015 u t, desgl. bei grösseren Tiefen bei 500—700 kg Bärgewicht bis zum Feststehen der Pfähle (Eindringen von 1^{cm} pro Hitze) in lockerem Boden 0,024 u t und in kiesigem Boden 0,04 u t.

*) Viele Ingenieure bevorzugen quadr. Spundung durchweg über 10^{cm} Stärke. D. Herausg.

Für einzelne Pfähle, wie z. B. Brückenjochpfähle darf man 0,048 u t bezw. 0,08 u t annehmen.

In gröberem Kies wurden bei einer Brückenfundation mit einer Kunstramme täglich 3 Pfähle von 30^{cm} Durchmesser je 2,6—3,2^{m} tief eingerammt. Fallhöhe des Bärs 6^{m}. Zahl der Schläge 40—50 pro Pfahl. Eindringen am Ende des Rammens 5^{mm} pro Schlag. Wassertiefe 1,5^{m}.

Bei Kiesboden kostet das Einrammen einer 15^{cm} starken Spuntwand pro qm fertige Wand bei 2 Mk. 50 Pf. Taglohn, — bei 2,6^{m} Tiefe ca. 2 Mk. 70 Pf., bei 2,9^{m} Tiefe ca. 3 Mk. 10 Pf., bei 3,5^{m} Tiefe ca. 4 Mk., bei 4,5^{m} Tiefe ca. 5 Mk. und bei 6^{m} Tiefe ca. 7 Mk. incl. aller Nebenarbeiten und incl. Unterhaltung der Ramme. Mit einer Dampframme nach dem System von Sisson und White wurden in Thon und Sandboden täglich 5,83 Spundbohlen von je 10,5^{m} Länge, 16—21^{cm} Stärke je 3,0^{m} tief eingetrieben. Die Kosten betrugen ohne Versetzen der Ramme und ohne grössere Reparaturen pro m Bohlenlänge 1,4 Mk., pro qm Spundwand 1,64 Mk.

Die Nebenkosten beim Rammen durch Betriebsstörungen, Versetzen der Rammen, grössere Reparaturen dürfen 2—3 Mal höher als die reinen Betriebskosten angeschlagen werden.

Tabelle über die Leistungsfähigkeit verschiedener Rammen nach Franzius.

(In Sandboden und bei 12stündiger Arbeitszeit.)

Gattung der Ramme.	Schläge pro Minute.	Bär-gewicht in Centnern.	Hubhöhe in Metern.	Zahl der Arbeiter.	Eingedrungene Pfahllänge pro Tag.	Anschaffungskosten in Mark.
Zugramme	30	10	1,2—1,5	30	10—15^{m}	600
Gew. Kunstramme . .	0,5—1	12—16	2—6	5	9—10^{m}	900
Dampfkunstramme .	3—6	15—16	2—6	3	35—40^{m}	3600
Sissons-Ramme . . .	9—10	20	2—3	4	25—40^{m}	6000
Nasmyt'sche Ramme .	75—100	50	0,75—1	5	80—110^{m}	27000

Die Dampframme arbeitet etwa 3—4 Mal billiger als eine Kunstramme und ca. 5—7 Mal billiger als eine Zugramme. Maximalbelastung pro qcm Pfahlkopffläche = 75 kg pro qcm.

Bei der Dampframme mit endloser Kette von Menck und Hambrock in Ottensen legt sich in die flachen Glieder der endlosen Kette ein im Bär befindlicher verschiebbarer Daumen durch einen Leinenzug mittelst Hand ein. Das Auslösen des Rammbärs erfolgt selbstthätig in beliebiger Höhe. Die Anwendung der Kette gestattet rasch aufeinanderfolgende Schläge mit kleiner Fallhöhe. Die Maschinen sind auch für kleine Baugruben verwendbar.

Dimensionen und Preise dieser Dampframmen mit endloser Kette.

Pferdekräfte.	Cylinderdurchm. in mm.	Hubhöhe desselben in mm.	Gerüsthöhe in Metern.	Fussrahmen		Gewicht des Bärs in kg.	Zahl der Schläge pro Minute bei 1,5^{m} Fallhöhe.	Preis in Mark.
				Fläche in qm.	Gewicht in kg.			
3	120	180	12	2,15	4500	850	10	5000
5	165	255	15	2,45	7500	1200	12	7000
8	195	280	18	2,75	10000	1600	14	9000

Dimensionen und Preise von Dampframmen mit rücklaufender Kette (Dampfkunstrammen)*).

Pferdekraft.	Cylinder Dtr. mm	Hub. mm	Gerüst-Höhe. m	Bär-Gewicht. Kilo.	Gesammt-Gewicht. Kilo.	Zahl der Schläge pro Minute bei 3^{m} Fallhöhe.	Preis.
2	90	150	9	600	2500	4	2900
3	120	180	12	850	3500	4	3500

*) Ebenfalls von Menck & Hambrock in Ottensen bei Altona.

Bei Verwendung einer **Dampframme** mit endloser Kette betrugen bei der Berliner Stadteisenbahn die Kosten pro Meter eingerammte Pfahllänge sammt Reparatur aber ohne Rammmiethe im Sandboden durchschnittlich 1 Mk. Pro Tag wurden 6,55 Stück mit zusammen 66^{m} Länge eingerammt. Von den Kosten entfallen auf Handarbeit 55 $^{0}/_{0}$ Brennmaterial 16 $^{0}/_{0}$, Schmiere und Putzmaterialien 3 $^{0}/_{0}$ Pfahlringe, Tauwerk 12 $^{0}/_{0}$ Reparaturen 14 $^{0}/_{0}$. Beim Bau der Neuenheimer Brücke bei Heidelberg kam ein Pfahl bei 5,12^{m} Rammtiefe in festgelagertem Kies auf 16 Mk. 70 Pfg. zu stehen.

Wird die Leistung einer **Handkunstramme** = 1, die einer **Dampfkunstramme** mit 3pferdiger Dampfwinde = 2 gesetzt, so ist der Effect einer Dampframme mit endloser Kette bei 3 Pferdekräften = 3, bei 5 Pferdekräften = 6 und bei 8 Pferdekräften = 9 zu setzen.

Die **Betriebskosten** berechnen sich bei den zuletzt aufgeführten 3 Rammmaschinen, wenn für Oel, Kohlen etc. 2 Mk. pro Pferdekraft aufzuwenden sind und der Taglohn der Arbeiter 4 Mk. beträgt, zu 22 Mk. bezw. zu 30 Mk. und 40 Mk. pro Tag. Die 3pferdigen Rammen werden bei weniger bedeutenden Arbeiten und bei kleinen Pfahllängen angewendet.

Nach **Lewicki**, s. Civil-Ingenieur Jahrg. 1875, wurden in Riga in Sandboden, welcher in den unteren Schichten mit Lehm durchzogen war, mit einer Dampframme ca. 50 (Doppel) Pfähle von 28^{cm} Durchmesser pro Tag à 12 Stunden, geschlagen, bei einer Rammtiefe von 6,4^{m}, wovon 0,7^{m} auf das Eindringen beim Aufsetzen des Pfahls entfallen, bezw. 35 einfache Pfähle von 39,5^{cm} Durchmesser und 4—5^{m} Rammtiefe. Bärgewicht 1316 kg. Hierbei waren pro Pfahl ca. 800 Schläge erforderlich. Andere Versuche ergaben nachstehende Tabelle.

	Bedienung.	Pfahlzahl in 12 Stunden.	Arbeit pro Pfahl.	Arbeit pro Mann.
Dampframme	6 Mann.	4,9	300000 mkg	—
Zugramme	27 «	5,5	300000 mkg	61000 mkg
Kunstramme	4 «	1,75	300000 mkg	130000 mkg

Das Verhältniss der Leistungen ist somit 2,8 : 3 : 1. Die Kosten der Dampframme betrugen 2700 Mk., die des Kessels 3000 Mk., die der Dampfwinde 1200 Mk. und die von Gerüst und Floss 1500 Mk. Auf Amortisation, Reparatur und Zinsen entfallen 17 $^{0}/_{0}$. Erforderlich zur Bedienung einer Dampframme sind 1 Maschinist, 1 Rammmeister, 1 Vorarbeiter und 3 Taglöhner. Das Schmiermaterial kostete pro Tag 0,1 Mk., das Brennmaterial ca. 10 Mk., Kapitalzinsen etc. ca. 4,8 Mk. Die Kosten eines eingerammten Pfahls beliefen sich auf 6,5 Mk., dagegen bei der Handramme 9,4 Mk., bei der Kunstramme 4,5 Mk. Die Anwendung einer Dampframme empfiehlt sich schon bei dem Rammen von 500—600 Pfählen. Obige Ramme war direkt wirkend, der Dampfcylinder zugleich Bär.

Ueber Rammarbeiten bei den Hellingsbauten für den Kieler Kriegshafen wurde von **Franzius** nachstehende Tabelle in der Zeitschrift des hann. Ing.- u. Archit.-Vereins von 1876 S. 70 veröffentlicht. Der Boden bestand auf 3,0^{m} Tiefe aus Thon, darunter 4,5^{m} Sand.

Bezeichnung der Ramme.	Preis der Ramme in Mk.	Bärgewicht in kg	Zahl d. täglich eingerammten		Länge der Pfähle.	Eingerammte Pfahllänge.	Arbeitslohn	Brennmaterial	Schmiere etc.	Lfde. Reparatur	Gesammtaufwand	Kosten in Mk. für den lfd. m Pfahllänge.	Kosten in Mk. eingerammten qm Spuntwand.
							pro Tag in Mk.						
Nasmyth . .	25000	1400	13,5	Rundpfähle.	12,5	7,5	16,5	10,1	2,8	3,0	32,4	0,32	—
Schwartzkopff'sche Dampfr.	14200	700	6	Rundpfähle.	12,0	7,5	16,5	7,5	1,9	7,5	33,4	0,74	—
Dampfr. mit Kette o. Ende, Sissons & White No. 1 . . .	6300	1050	2,66	Rundpfähle.	12,5	7,0	14,2	5,0	1,3	5,0	25,5	1,37	—
Sissons & White No. 2 . . .	7000	1000	2,82	Rundpfähle.	12,5	7,0	14,2	4,8	1,3	5,8	26,1	1,32	—
Desgl. No. 2 .	7000	—	5,83	Spundbohlen.	10,5	3,0	—	—	—	—	26,1	1,49	1,64
Dampf-Kunstramme No. 1	4000	900	6	Spundbohlen.	9,75	3,0	14,2	4,0	1,3	2,0	21,5	1,19	1,95
Desgl. No. 2 .	3300	850	4,6	Spundbohlen.	10,5	3,0	14,2	2,2	1,3	1,7	19,4	1,40	1,54

Digitized by Google

100 kg Kohle kosteten 2 Mk. In obiger Tabelle sind nur die reinen Betriebskosten aufgenommen, während s. oben, mit Hinzurechnung aller Nebenkosten die Preise für das Einrammen sich um das 2—3fache erhöhen. Bei den zwei ersten Rammen waren 1 Maschinist, 1 Heizer, 2 Zimmerleute und 2 Arbeiter beschäftigt, bei den übrigen 1 Arbeiter weniger, sonst die gleiche Mannschaft. Obige Verhältnisszahlen ändern sich bei geringer Rammtiefe, da hier die Dampfkunstramme billiger arbeitet als z. B. die Schwartzkopff'sche Ramme.

Eine Pulverramme von Riedinger in Wilhelmshafen aufgestellt, hatte ein Gewicht von 10,85 t, der Bär allein von 1,15 t. Der Preis loco Augsburg war 11,400 Mk., incl. Dampfwinde 15,600 Mk. Zur Bedienung sind 2 Mann erforderlich. Daselbst werden in 11 Stunden 19 Pfähle von je 9,0^{m} Länge und 0,3^{m} Stärke (= 11,4 cbm Holz) eingerammt. Die Kosten eines Pfahls incl. Pulver betragen hierbei bei 3 Mk. Taglohn: 6 Mk. 70 Pf. Pulverladung 80 g. (Volkmann'sches Pulver) pro Pfahl 13 Schüsse. Der Boden bestand auf 2,0^{m} Tiefe aus Schlick, sodann aus Letten und Sand. Minimalfallhöhe 1,2^{m} (behufs Entzündung). Bei den eben daselbst verwendeten Dampframmen kam 1 Pfahl auf 7 Mk. 50 Pf. zu stehen.

In neuerer Zeit werden unmittelbar wirkende Dampframmen, bei welchen der Bär zugleich den Dampfcylinder bildet, und die Kolbenstange nach oben geht, wobei sie sich durch Vermittlung eines Ständers gegen den Pfahlkopf stützt, gegenüber den Systemen Figée, Nasmyth und Riggenbach in verbesserter Construction durch die Firma Menck & Hambrock gebaut und zwar in 9 verschiedenen Typen von 3—20 Pferdekräften des Kessels, 700—1800 kg Bärgewicht, 0,8—2,1^{m} Hubhöhe, 12—20^{m} Gerüsthöhe. Die Kosten einer solchen Ramme bewegen sich zwischen 5300—14400 Mk. Diese Rammen sind insbesondere bei den Zollanschlussbauten in Hamburg mit Vortheil angewendet worden.

Das Eintreiben von Pfählen mittelst Wasserspülung empfiehlt sich nach Wieck, s. hann. Bztg. von 1879 S. 45, namentlich da, wo der Untergrund aus Sand und Kies sowie aus leicht abflössbarem Boden besteht. Bei Torfboden wird hiermit keine, bei Thonboden nur eine geringe Wirkung erzielt. Häufig wird die Wasserspülung dazu benützt, die Wirkung des Rammens zu vergrössern; dieselbe hat jedoch überall da die höchsten Effecte aufzuweisen, wo die Pfähle ohne Aufbringung eines Rammbärs niedergetrieben werden können. Wo Wasserleitungen mit genügendem Druck vorhanden sind, empfiehlt sich gewöhnlich der Anschluss an letztere behufs Beschaffung des Druckwassers.

Das Eintreiben lässt sich schon bei einem Wasserdruck in den Leitungen bezw. in den Pumpen von $^{1}/_{2}$ Atmosphäre bewerkstelligen.

Ein Aufquellen des Wassers an den Seiten des Pfahls ist zur Lockerung des Bodens unerlässlich. Ein Verstopfen der Rohr- bezw. Pfahlschuhöffnungen, aus welchen das Druckwasser austritt, kann nur dann verhindert werden, wenn das Wasser im Zuführungsrohre während der Senkung des Pfahls stets unter Druck gehalten wird.

Bei einem Spreebrückenbau in Berlin wurden zur Leitung des Wassers entlang den Pfählen durchgängig 50^{mm} weite Gasrohre verwendet. Das Bärgewicht der zum Nachschlagen benützten Zugramme betrug 350 kg. Das Zuführungsrohr wurde in eine Nute im Pfahl eingelegt und an der Pfahlspitze befestigt. Beim Niedertreiben der Pfähle empfiehlt es sich, denselben eine drehende Bewegung zu geben.

Zur Prüfung der Standfähigkeit der Pfähle werden denselben nach dem Niedertreiben auf die gewünschte Tiefe und wenn dieselben bei der Spülung nicht mehr weiter nachgeben, einige Schläge mit der Handramme gegeben. Bei Einführung zweier Zuleitungsrohre am Pfahl wird die Leistung erheblich vergrössert.

Die Kosten des Rammgerüsts beliefen sich auf 1000 Mk., 80 Meter 50^{mm} weite Gasrohre kosteten 240 Mk., der Gummidruckschlauch 120 Mk., das Standrohr 80 Mk., Diverses 110 Mk., zusammen 1550 Mk.

Die weiteren Unkosten betrugen 310 Mk. für Transport und Abnutzung (ca. 20%), die Abzweigung vom Wasserleitungsrohr, Aufstellung des Wassermessers, Ummauerung der Wasserabgabestelle etc. 375 Mk., zusammen 685 Mk. Für 5430 cbm verbrauchtes Wasser an 60,5 Arbeitstagen waren 487 Mk. zu bezahlen. Beschäftigt waren beim Rammen ein Polier, ein Schlosser, ein Vorarbeiter und 14—15 Arbeiter.

In Sand- und darunter Kiesboden wurden 30—33^{cm} starke, 6—8^{m} lange Pfähle 2—3^{m} tief mittelst Spülung in ca. 3 Minuten, unter Zu-

Digitized by Google

hilfenahme des Rammbären 6—8^{m} tief in 12—14 Minuten durchschnittlich pro Tag 7—8 Stück, dagegen wurden 35^{cm} starke, 12^{m} lange Pfähle in mehr kiesigem Boden 5—7^{m} tief in 30—97 Minuten eingesenkt. Hierbei kam auf das Eintreiben durch Spülung durchschnittlich 3,3—4,3^{m}, auf das Eintreiben mittelst Rammbär 1,7—2,7^{m}; täglich wurden hierbei 2—2½ Pfähle niedergetrieben. In beiden Fällen wechselte die durchschnittliche tägliche Senkung zwischen 10 und 30^{m}, und beliefen sich die Kosten pro Pfahl zwischen 7,5 und 30 Mk. (im ersteren Fall) und pro Meter Länge auf 2—2,7 Mk. bis 5—6 Mk. Die Gesammtkosten kamen pro Tag auf 50—61,5 Mk. zu stehen.

Das Eintreiben einer 15^{cm} starken Spundwand 4,6^{m} tief mittels Einspülen kostete bei Verwendung einer Dampfpumpe durchschnittlich 2 Mk. 73 Pfg. pro qm und ging rascher und billiger von statten als mittelst einer Dampfkunstramme mit endloser Kette und 1050 kg schwerem Bär. Die Kosten betrugen hierbei für den qm 3 Mk. 20 Pfg.

Wahl der zu verwendenden Ramme.

Bezeichnet man nach Brennecke mit L die gesammte einzutreibende Länge der Pfähle, mit k und k^{1} den Preis für eine Zugramme bezw. für irgend eine Kunst- oder Dampframme, mit β den Procentsatz, den man vom Kostenpreis der Ramme für Tilgung und Zinsen rechnen muss, und mit n den Durchschnittspreis pro m mit der Zugramme eingetriebene Pfahllänge, so ist zu untersuchen, ob

$$n \cdot L + \beta \cdot k \gtrless n \cdot \alpha \cdot L + \beta k^{1},$$

wobei α das Verhältniss der Kosten bei Verwendung einer Kunst- oder Dampframme zu denen bei Verwendung einer Zugramme je pro Meter eingerammte Pfahllänge ist. β kann für Rammen, welche Wiederverwendung finden, zu 0,12 bis 0,15 und wenn dieselben nach Beendigung des Baues verkauft werden, zu 0,3 bis 0,5 gesetzt werden. Weiter ist bei der Wahl der Ramme noch zu berücksichtigen die Bodenbeschaffenheit und die Stellung der Pfähle zu einander, da solche beim Versetzen der Ramme sehr in Frage kommt.

Eiserne Pfähle.

Die Gründung auf eisernen Pfählen kommt öfters bei Brückenbauten und bei grossen Tiefen vor. Hierbei wird der Boden zuweilen durch Druckwasser oder durch Sprengarbeiten vor dem Eintreiben der Pfähle gelockert. Eiserne Pfähle hat man aus Guss- und Schmiedeisen in verschiedenen Formen als Schrauben-, Spitz- und Scheibenpfähle, theils massiv, theils hohl mit 0,2—1,0^{m} Durchmesser bei 20—50^{mm} Wandstärke zur Anwendung gebracht.

Zu Brückenpfeilern sollten jedoch nur schmiedeiserne Pfähle verwendet werden.

Schraubenpfähle sind entweder unten offen und mit einem Schraubengewinde versehen oder geschlossen und mit einer Spitze mit Schraube versehen; im ersteren Falle muss die untere Oeffnung enger als die Rohrweite sein, damit die aufsteigende Erdmasse sich nicht spannt und das weitere Eindringen erschwert. Um dies zu vermeiden wird zuweilen im Innern ein kleines Gewinde von der doppelten Steigung des äusseren angeordnet. Die Schraubenpfähle werden aus einzelnen Stücken von ca. 2—3^{m} Länge mit inneren Flanschen zusammengesetzt, und von Gerüsten aus mittelst starker Haspeln in den Grund gebohrt. Solche Pfähle sind in den meisten Alluvialschichten anwendbar, da kleine Steine durch die Schrauben bei Seite geschoben werden, auch in festen Thon sind Schraubenpfähle schon eingetrieben worden.

Für weichen Boden eignen sich grössere Schrauben bis zu 1,5^{m} Gewindedurchmesser mit flacher Steigung von 20—30^{0} und nur einem Gang, für festeren Boden kleinere Schrauben mit 30—35^{0} Steigung. Je fester der Boden, desto grösser sollte die Zahl der Umgänge sein.

Brennecke empfiehlt bei Pfählen, die sehr tief eingeschraubt werden müssen, zur Vergrösserung der Tragfähigkeit und des Widerstands gegen seitliches Ausbiegen noch ein zweites Gewinde mit nur einem Umgang so anzubringen, dass es etwa 1—1,5^{m} in den Boden kommt.

Bei der Landungsbrücke zu Lewes hatten die 9^{m} langen, massiven Pfähle 15^{cm} Durchmesser bei 0,76^{m} Gewindedurchmesser, von 20 Mann wurden täglich höchstens 4 Pfähle je 3^{m} tief in den Sand geschraubt.

Digitized by Google

Bei einer Brücke über den Festungsgraben in Königsberg wurde ein Pfahl von 9,5^{m} Länge, 0,79^{m} äusserem, 0,73^{m} innerem Durchmesser und 1,57^{m} Schraubendurchmesser von 16 Arbeitern durchschnittlich in 6 Tagen 5,9^{m} tief in den oben aus Sand, unten aus Thon bestehenden Boden eingeschraubt. Bei Bauten in Bremen wurde die Bohlken'sche Patentschraube und die Neukirch'sche Schraube in Anwendung gebracht. Die Kosten des Einschraubens betrugen hier pro Meter eingeschraubte Länge 7 Mk. 10 Pfg. bis 11 Mk. 28 Pfg. Bei der Eisenbahnbrücke über die Marizza wurden eiserne Pfähle von 13^{cm} Schaftdurchmesser und 60^{cm} Schraubendurchmesser von 32 Arbeitern mittelst 8-armigem Göpel pro Stunde durchschnittlich 50^{cm} tief eingeschraubt.

Hohlen Pfählen mit unterer Oeffnung wird ein Durchmesser von 1,8^{m} und weniger gegeben. Wo solche Pfähle geringen Temperaturschwankungen ausgesetzt sind, werden sie mit Beton, andernfalls mit Asphaltbeton ausgefüllt.

Eiserne Spitzpfähle werden mit einer Stahlspitze versehen, die im Innern eine Nute erhält, in welche eine Führungsstange eingesteckt wird. Ein die letztere umfassender, also im Innern des Pfahles befindlicher leichterer Rammbär mit genügendem Spielraum schlägt auf den Kern der Spitze.

Hohle, eiserne Scheibenpfähle werden in Sandboden mittelst Wasserspülung eingetrieben. Pfähle von 25^{cm} Durchmesser, 19^{mm} Wandstärke und Scheiben von 0,77^{m} Durchmesser mit 6 Verstärkungsrippen wurden mittelst einer durch eine 6pferdige Dampfmaschine getriebenen Pumpe in 20 Minuten ca. 2^{m} tief eingetrieben. Die Scheibenpfähle der Taybrücke hatten bei 2,5^{cm} Stärke 51^{cm} Durchmesser bei 1,2^{m} Durchmesser der Scheibe. Die Pfähle, sowohl Schrauben- als Spitz- und Scheibenpfähle, müssen durch Zugeisen tüchtig versteift werden, zu deren leichterer Befestigung besondere Klemmringe an den Pfählen angebracht werden. Zum besseren Eintreiben der Pfähle werden dieselben noch mit Gewichten beschwert.

Ausziehen der Pfähle.

Dasselbe geschieht mit dem Wuchtebaum, der gewöhnlichen Wagenwinde, der hydraulischen Presse, hölzernen oder eisernen Schrauben oder mittelst des Wasserauftriebs (Ausfluthen).

Mittelst des Wuchtebaums kostete bei der Kaiserbrücke in Bremen das Ausziehen 3,3^{m} tief eingerammter, 19/33^{cm} starker Spundbohlen pro Stück 3,28 Mk. Mit Winden kostete das Ausziehen 5^{m} tief gerammter Gerüstpfähle ohne Geräthekosten pro Stück 3 Mk. Sind viel Pfähle bei tiefem Wasser auszuziehen, so ist es zweckmässig, Dampfkraft anzuwenden. Es wurden z. B. mittelst einer Locomobile mit Windetrommel und Flaschenzug bei der Wiener Donauregulirung täglich 25—40 Pfähle von 8—9^{m} Länge ausgezogen. In neuerer Zeit werden Pfähle auch mittelst Dynamitsprengung (Ladung 0,5—4 kg) entfernt.

Grundsägen.

Mit der Gatter- oder Schlittensäge können von vier Männern täglich 16—18 Pfähle 1,5^{m} unter Wasser abgeschnitten werden. Mit der Pendelsäge schneiden 4 Arbeiter täglich ca. 10 Pfähle von 30^{cm} Durchmesser bei 6—7^{m} Wassertiefe ab, desgleichen ca. 35 Pfähle bei 1,5^{m} Wassertiefe. Mit der nur von 2 Mann bedienten Kreissegmentsäge wurden bei den Hellingsbauten in Ellerbeck bei 2—3^{m} Wassertiefe täglich 9, bei 4—5^{m} Wassertiefe 5—6 Rundpfähle abgeschnitten, ferner bei 4^{m} Tiefe 8—10 Stück 20/30^{cm} starke Spundbohlen. In Holland wurden mit solchen Sägen durch 7 Mann täglich ca. 20 Pfähle von 25—30^{cm} Stärke bei 6,7^{m} Wassertiefe abgeschnitten. Bei grösseren Gründungsarbeiten und beim Vorhandensein einer Locomobile empfiehlt sich die Anwendung der Kreissägen. Die Kosten des Abschneidens mittelst einer von einem 7pferd. Locomobil getriebenen Kreissäge betrugen z. B. bei den Kriegshafenbauten zu Kiel bei 20^{cm} starken Spundwänden Anfangs pro lfd. Meter Spundwand 2 Mk. 11 Pfg. und pro Spundpfahl 60 Pfg., am Schluss der Arbeiten mit eingeübtem Personal 70 Pfg. bezw. 15 Pfg.

Umschliessung der Baugrube.

Die Fangdämme sind 30—50^{cm} über die gewöhnliche Hochwasserhöhe, wobei die Flüsse bordvoll gefüllt sind, bei starkem Wellenschlag

Digitized by Google

entsprechend höher aufzuführen. Bis 1,25^{m} Wassertiefe ist das Einrammen einer Stulpwand oder das Einbringen einer unter 30—45° geneigten Holzwand von 4—5^{cm} Stärke und ein Dichten dieser Wände mit Mist, feinem Sand, Rasen, Erde u. dergl. zweckmässig. Diese Holzwände stützen sich entweder gegen einen Holm, der auf 1,3—1,6^{m} voneinander entfernte Pfähle aufgezapft ist, oder unter Zuhilfenahme von Langschwellen gegen hölzerne Böcke.

Bis 2^{m} Wassertiefe genügt meistens noch eine Spundwand von 8^{cm} Stärke, bis zu 3,5^{m} Wassertiefe sind Kastenfangdämme mit Dielen oder Bohlenwänden, bei mehr als 3,5^{m} Tiefe dagegen Spundpfähle anzuwenden, wobei die Leitpfähle 1,25—1,5^{m}, die Querzangen 1,5—2,0^{m} Entfernung erhalten. Bei grösserer Wassertiefe als von 4^{m} trennt man den Fangdamm der Breite nach in 2—3 Theile.

Bei Höhen bis zu 2,5^{m} soll in der Regel die Breite der Kastenfangdämme = der Höhe, bei grösseren Höhen = der halben Höhe + 1,25^{m} sein. Spitze Ecken sind bei den Fangdämmen zu vermeiden.

Nicht wasserdichte Spundwände werden durch Aufbringen von starken, wasserdichten Segeltüchern bezw. Leinwand, welche auf beiden Seiten mit einem dreimaligen Anstrich einer Mischung von 10 Gewichtstheilen Theer und 1 Gewichtstheil Terpentinöl versehen ist, oder durch Ausfüllen der Fugen mit Moos, Werg oder Cement gedichtet.

Als Füllmaterial ist Lehm oder Letten, welche frei von fremden Körpern (Wurzeln, Holzstücke) sein müssen, am besten frischer Klaiboden zu verwenden, welche Bodenarten zu stampfen sind, ebenso tauglich ist etwas bindiger (thoniger) feiner Sand. Die Füllmassen sind in dünnen Lagen einzubringen. Das Einbringen und Stampfen von 1 cbm Lettenabschlag in 20^{cm} hohen Schichten erfordert 0,8 t + 10% für Geräthe, bei nur 5^{cm} hohen Schichten sind die Kosten um 30% zu erhöhen.

Ein sehr gutes Füllmaterial, das auch eine geringere Stärke des Fangdamms zulässt, ist eine Mischung von lehmigem Sand und Gerberlohe.

Bei der Canalisation von Berlin wurden auch Spundwände aus Wellblech hergestellt und zwar für 2,7 und 4^{m} hohe Spundwände aus 1 und 1½^{mm} starkem Wellblech, wobei die Tafeln 65^{cm} breit, die Wellen 5^{cm} breit und hoch waren.

Einfache Fangdämme erfordern an Arbeitsaufwand pro Längsmeter:

	bei 1,0^{m} Höhe.	bei 1,5^{m} Höhe.
Herstellung	1,2—1,3 t	2,0—2,5 t
Abtragen	0,1—0,3 t	0,5—0,7 t

Bei Kastenfangdämmen kann gerechnet werden für das Einschlagen der Pfähle mit der Handramme auf 1,0^{m} Tiefe pro Stück bei leichtem Boden 0,5 t, bei schwerem 0,8 t. Für das Einschlagen der Bohlen pro qm 1,5 t, ferner 1^{m} Holm zu richten, auf die Pfähle bringen und befestigen 0,25 t, desgl. 1^{m} Zangen 0,2 t.

Zum Entfernen der Fangdämme rechnet man ¼ der Zeit, welche die Aufstellung erforderte.

Wenn Fangdämme nach dem Gebrauch wieder verwendet werden sollen, so ist für Abbrechen, Wiedererrichtung sammt Zuschuss an Materialien ⅓—½ der ersten Anlagekosten zu rechnen.

Aushub der Baugrube.

Der Aushub geschieht in wasserfreiem Terrain oder in künstlich trocken gelegten Baugruben durch Ausgraben, das auch bis 0,3—0,4^{m} unter Wasser vorgenommen werden kann; bei grösserer Wassertiefe dagegen durch Baggerung oder durch Sand- und Schlammpumpen. Hat der auszugrabende Boden einigen Zusammenhang und ist die Tiefe nicht sehr gross, so genügt ½fache, andernfalls 1—1½fache Böschung.

Der Fundamentaushub durch Ausgraben erfordert für den Cubikmeter ohne Wasserschöpfen aber sammt Fördern des Materials an die Oberfläche bis zu 2^{m} Tiefe im Trockenen ohne bezw. mit Abspriessen der Wände bei lockerem Boden 0,35 t bezw. 0,45 t, bei mittelfestem Boden 0,45 t bezw. 0,55 t, bei festem Boden 0,60 t bezw. 0,70 t, im ersten Falle sind für Aufsicht und Geräthe 10%, im letzten 15% zuzuschlagen, ebenso hat pro Meter Mehrtiefe ein Zuschlag von 0,1 bezw. 0,2 t zu erfolgen. Ist der Boden stark von Wasser durchzogen, ohne dass übrigens ein Wasserschöpfen nöthig wird, so sind die Kosten um ca. 15% zu erhöhen. 1 qm abgesteifte Wand der Baugrube kann mit 0,1—0,15 t für Handarbeit und mit 30—40 Pfg. für Verhalten der Hölzer berechnet werden.

Digitized by Google

Bei Felsen bis 2m Tiefe erfordert der Aushub in zerklüftetem Felsen ohne Sprengmittel 0,3 Steinbrecher und 0,75 Handlanger-Tagschichten, in zerklüftetem Felsen mit Sprengmittel 0,7 Steinbrecher, 0,45 Handlanger-Tagschichten und 0,3 kg Pulver, in theilweise zerklüftetem Felsen 1,2 Steinbrecher, 0,25 Handlanger-Tagschichten und 0,4 kg Pulver, in sehr hartem Felsen 1,5 Steinbrecher, 0,25 Handlanger-Tagschichten und 0,5 kg Pulver. Für jeden Meter Mehrtiefe 0,07 Steinbrecher und 0,15 Handlanger-Tagschichten. Für Aufsicht und Geräthe sind 12% zuzuschlagen.

Beim Aushub weniger bedeutender Bodenmassen unter Wasser kommt die Handarbeit unter Benützung geeigneter Baggergeräthe gewöhnlich am billigsten zu stehen. Hauptsächlich kommen hierbei zur Anwendung:

Sackbohrer, welche ca. 0,01—0,02 cbm Inhalt haben. Vier bis sechs Arbeiter fördern täglich 4—5 cbm Boden aus ca. 5m Tiefe. Beim Absenken grösserer Brunnen sind jedoch die Sackbohrrer nicht genug leistungsfähig.

Baggersäcke sind bei 2—3m Wassertiefe noch anwendbar. Die Förderung von 1 cbm erfordert bei 1,5—2m Wassertiefe bei Sand und Schlamm 1,2 t, bei feinem Kies 1,5 t, bei festem, grobem Kies 2,0 t. einschliesslich des Transports zu Wasser auf 400m Entfernung.

Bagger- oder indische Schaufel. Es verursacht die Förderung von 1 cbm hiermit

	bis 1m:	bis 1,0—1,5m Wassertiefe:
bei Sand und Schlamm	0,5 t	0,8 t
« feinem Kies	0,7 t	1,0 t
« festem, grobem Kies	1,0 t	1,5 t

worin die Kosten der Beschaffung und Unterhaltung der Geräthe und des Transports des Bodens zu Wasser bis auf 400m Entfernung eingerechnet sind. Mit der indischen Schaufel wird mit 4 Mann pro Stunde 1 cbm Sand gefördert. Steine im Untergrund werden mittelst langer Stemmeisen durchstossen.

Beim Bau der Weichselbrücke bei Thorn wurden mit 8 Mann vermittelst einer indischen Schaufel in ca. 4—6m Wassertiefe täglich bis zu 5 cbm grobes Geschiebe (Feldsteine) ausgebaggert und hierbei Steine von 0,05 cbm noch gehoben. Grössere Steine mussten mit der Teufelsklaue entfernt werden.

An der Rheinbrücke bei Wesel wurden mit 6 Mann aus Brunnen von 3,14m Durchmesser pro Tag ca. 18 cbm Kies gebaggert, bei einer Tiefe von 6,0m unter dem Terrain.

Bei Gründungen in einer Wassertiefe von 3—6m bedient man sich der Baggermaschinen, und zwar bei kleineren Fundirungen der Handbaggermaschinen und bei grösseren der Dampfbagger. Mittelst Eimerbagger mit Handbetrieb (Inhalt jedes Eimers 5—10 l) können täglich bis zu 50 cbm gefördert werden. Mittelst eines Eimerbaggers wurde beim Bau der Weichselbrücke zu Graudenz von 17 Mann ein Brunnen von 48 qm Grundfläche täglich um 0,35m gesenkt. Das Ausschachten von 1 cbm Boden kostete hier sammt Transport des Bodens aber ohne die Geräthebeschaffung 3 Mk. 16 Pf.

Nach Grebenau kostete 1873 eine complete Handbaggermaschine für 4 Mann, von Ranke & Söhne in Frankfurt geliefert, 5160 Mk. und sollten mit derselben in 10 Stunden 50 cbm Schlamm bei 1,6m Wassertiefe ausgebaggert werden. Die die Maschine tragenden je 8,5m langen Schiffe und 2 ebenso lange 1,7m breite Schlammtransportkähne von Eichenholz wurden zusammen um 3600 Mk. geliefert.

Eine ähnliche Maschine von Lichtenfelder in Strassburg würde jetzt ca. 5000 Mk. incl. 2 je 10m langen Schiffen und sämmtlichem Zubehör kosten. Diese Maschine förderte bei einer Bedienung von 10 Mann täglich ca. 32 cbm Kies und Schlamm aus ca. 1,5—2,0m Tiefe. Der Transport der ausgebaggerten Masse auf 100m Entfernung ist bei obiger Angabe über die Arbeitsleistung inbegriffen.

Dampfbagger liefern pro Pferdekraft und Stunde bei ca. 5m Wassertiefe in Kiesboden ca. 6,0 cbm Material. Bei Baggerungen im freien Fluss erhöhen sich die Leistungen sehr bedeutend; z. B. wurden bei der Weserkorrektion oberhalb Münden mit einem 8pferdigen Dampfbagger täglich 125 cbm ausgebaggert und kam hierbei der cbm auf 67 Pfennig zu stehen.

Der beim Bau einer Sperrschleuse in Duisburg behufs rascher Fertigstellung der Fundation verwendete Priestman'sche Patent-

Excavator hat aus einer mit Fangdamm umgebenen Baugrube und 2200 cbm. Boden in 37 Tagen im Mittel 9m hoch gefördert, in Tonboden ca. 64 cbm, in Kiesboden bis zu 120 cbm pro Tag, im Mittel pro Arbeitstag 70 cbm. Der Krahnbagger kostete incl. Fracht und allen Zubehören loco Duisburg 17370 Mk., das fertige Laufgerüst 7470 Mk. Pro cbm Boden wurden 13,5 kg Kohlen verbraucht, und im Ganzen 74 Pf. an Arbeitslohn und Materialien ausgegeben. Die Priestman'schen von Bünger & Leyrer in Düsseldorf gebauten Excavatoren verlangen nur einen Mann zur Bedienung und sind sehr leistungsfähig. Bei Baggerungen in losem Sand, weichem Thon und Torf werden täglich bis zu 400 cbm, bei festem Boden 150–200 cbm, in grobem Kies ca. 60 cbm. ausgehoben.

Mit dem Milroy'schen Excavator, der eine Vervielfältigung der indischen Schaufel ist, indem in einem eisernen Rahmen 8 in Scharnieren bewegliche Schaufeln angebracht sind, wurde ein Brunnen von 2,55m Durchmesser im Durchschnitt pro Tag um 4,9m gesenkt. Dieser Bagger ist besonders für thonigen, dagegen weniger für Sandboden geeignet.

Die gewöhnliche Sandpumpe, auch Rammpumpe genannt, deren Leistung nicht besonders gross und die vorzugsweise nur für Sand geeignet ist fördert mit 12 Arbeitern in 10 Stunden etwa 27 cbm. Besser arbeitet die Schlammpumpe von Geerts, mit welcher bei Handbetrieb und mit 5 Mann Bedienung stündlich 6—10 cbm Sand aus 10m Tiefe unter Wasser gefördert werden. Die hydraulische Sandpumpe fördert mit Druckwasser von 10 Athmosphären Druck bei 88mm Rohrweite stündlich 15 cbm.

Für Brunnengründungen eignet sich besonders Jandin's Luftdruck-Baggerapparat. Derselbe besteht aus einem grösseren eisernen Förderrohr, sowie aus einem kleineren Rohr, durch welches gepresste Luft zum unteren Ende des Förderrohres geleitet wird. Mit diesem Apparat können auch grössere Erdtheilchen und Steine gehoben werden. Bei der Anwendung eines 23cm weiten Förderrohres wurden aus 4—8m Tiefe Steine bis zu 10 kg Gewicht gehoben. Bei gewöhnlichen mit 6—8 Pferdekräften betriebenen Luftpumpen können stündlich pro Pferdekraft 1—2 cbm Schlamm, Sand und kleinere Steine gefördert werden. Die Förderhöhe über der Wasserfläche ist ungefähr = 1/3 der Wassertiefe erstere kann übrigens durch Anbringen mehrerer Luftrohre vergrössert werden.

Trockenlegung der Baugrube.

Das Trockenlegen einer Baugrube in sandigem Boden oder leichtem Kies durch Pumpen ist dann zu vermeiden, wenn hierdurch eine Lockerung des Untergrundes bewirkt wird. In solchen Fällen ist Baggerung und Betonirung unter Wasser angezeigt, zuweilen wird in solchem Boden mit Vortheil eine Dichtung durch Segeltuch, das auf die Fundamentsohle gebracht wird, bewirkt.

Auftretende Quellen können häufig durch in die Fundamentsohle eingelegte weite Drainröhren gefasst und nach den Pumpenstümpfen derart geleitet werden, dass beim Pumpen keine Lockerung der Sohle mehr eintritt. In der Regel kann auch auf einer derartig trocken gelegten Fundamentsohle unmittelbar der Beton eingebracht werden, welcher somit auch die Drainröhrenstränge bedeckt.

Das Wasserschöpfen mittelst Wurf- und Schwungschaufeln und mittelst ledernen Eimern von ca. 9 Liter Inhalt empfiehlt sich nur für Hubhöhen von 0,6—1,5m. Bei ersteren wird 1 cbm Wasser 1m hoch gehoben in 0,014—0,016 t (0,17—0,2 cbm pro Minute), bei letzteren in 0,02—0,03 t (0,12—0,15 cbm pro Minute). Bei grösseren Wassermengen und Forderhöhen sind Maschinen anzuwenden.

Ueber Pumpen siehe Maschinenbau.

Die archimedische Schnecke, welche meistens 2—3 Schraubengänge, 0,6—0,9m Durchmesser, 5,5—6,5m Länge und ca. 2,5m Hubhöhe erhält, arbeitet am vortheilhaftesten, wenn sie unter 30° gegen den Horizont geneigt wird. In dieser Stellung ist, wenn r der Radius der Schnecke, $\varrho = \frac{r}{3}$ der der Spindel ist, das pro Umdrehung geförderte Wasserquantum $v = 2 . r^3$. Von der wirklichen Kraft werden hierbei etwa 60% nutzbar gemacht.

Die Hebung von 1 cbm Wasser auf 1m Höhe erfordert hierbei bei

Digitized by Google

Handbetrieb 0,011 t (0,25 cbm pro Minute), und kostet bei Pferdebetrieb 0,7 Pfg., bei Dampfbetrieb 3,5 Pfg.

Die zweistiefflige Baupumpe mit 130—160^{mm} Cylinderdurchmesser und 50—110^{mm} Rohrweite leistet pro Doppelhub 6—27 l. Das Heben von 1 cbm Wasser erfordert pro Meter Hubhöhe 0,012 t.

Bei Anwendung gewöhnlicher Dampfpumpen kostet die Hebung von 1 cbm, bei 1^{m} Förderhöhe, ca. 5 Pfg., bei Centrifugalpumpen 4,5 Pfg. Gewöhnlich nimmt man an, dass mit 1 kg Kohle 30—40 cbm Wasser 1^{m} hoch gehoben werden können.

Die Betriebskosten bei Hand- und Dampfbetrieb sind annähernd gleich, wenn in 24 Stunden 480 cbm Wasser 1^{m} hoch zu heben sind.

Für überschlägige Rechnungen lässt sich die erforderliche Maschinenstärke bestimmen aus der Formel $N = \frac{F}{150} . h$, worin N die Anzahl der Pferde, F Grösse der Baugrube in qm und h die Förderhöhe in m

Gründungsarten.

Ist auf Grund von Bodenuntersuchungen der Nachweis erbracht worden, dass die Fundamentsohle nicht im Stande ist das Bauwerk unmittelbar zu tragen, so muss zu einer künstlichen Gründung geschritten werden.

Sandfundamente

leisten besonders bei weichen Bodenarten (Torf, nasser Lehmboden) gute Dienste und werden aus scharfem, grobem, reinem Sand hergestellt, welcher in Lagen von 15—30^{cm} Höhe eingebracht und behufs dichter und fester Lagerung eingeschlämmt und gestampft werden muss. Der Druck vertheilt sich in der Sandschüttung nahezu unter 45° nach unten.

Die Sandschüttung darf seitlich nicht ausweichen können und nicht unterspült werden und soll nicht unter 75^{cm} Stärke erhalten; sie grösser als 3,0^{m} zu machen ist nicht erforderlich. Bei 1,5—2,0^{m} Stärke beträgt die Tragfähigkeit einer Sandschüttung 2—3 kg pro qcm. Die lockere Masse erfährt in der gestampften Sandschüttung eine Verminderung von 25%.

Die Herstellung von 1 cbm fertige Sandschüttung erfordert sammt Transport auf 25^{m} Entfernung 0,15 t.

Setzungen solcher Schüttungen treten fast immer ein, erfolgen jedoch meistens über die ganze Fundamentfläche in gleichmässiger Weise. Bedeutet b die Breite der gemauerten Fundamentsohle, t die Tiefe derselben unter der Erdoberfläche, φ der natürliche Böschungswinkel des Sandes, d die gesuchte Stärkung der Sandschüttung, $B = b + 2\,d\,.\,tg\,\varphi$ deren Sohlbreite, γ das durchschnittliche Gewicht von 1 cbm Sand, Hinterfüllung und Fundamentmauerwerk, k die zulässige Beanspruchung des Baugrundes, P die Belastung durch das Bauwerk in Höhe des Terrains auf 1,0^{m} Fundamenttiefe, so bestimmt sich nach Brenneke d aus $(b + 2\,d\,tg\,\varphi)\;k = P + \gamma\,(b + 2\,d\,tg\,\varphi)\,(d + t)$, wobei für eine Sandschüttung über und unter Grundwasser $\varphi = 40°$ bezw. 24° zu nehmen ist.

Der Schwellrost

ist bei leichteren Bauwerken und bei gleichmässigem Untergrund anwendbar. Sowohl beim Schwellrost als beim Pfahlrost sollen die Holztheile mindestens 0,3^{m} unter dem niedrigsten Wasserspiegel bezw. Grundwasserstand sich befinden.

Bei Fundirungen an Strömen mit regelmässigem Fluthwechsel darf man die Oberkante des Holzrostes 30—40^{cm} über den gewöhnlichen Ebbespiegel legen, ohne der längeren Dauer der Hölzer zu schaden.

Bei ganz leichten Bauwerken mit höchstens 1—1,5 kg Druck pro qcm genügen Bohlenroste, die entweder aus einer oder aus zwei rechtwinklig oder schräg sich kreuzenden Lagen 7—10^{cm} starker Bohlen gebildet werden. Der Rost überragt die Begrenzung des Mauerwerks um ca. 20—30^{cm}, dessen Aussenflächen werden meist bündig mit den äussersten Langschwellen genommen. Die meist quadratischen 0,2—0,3^{m} starken Langschwellen werden hierbei in 1—1,5^{m} Entfernung auf die 1—2^{m} von einander entfernt liegenden Querschwellen, die das 0,9fache der Langschwellen als Querschnitt erhalten, aufgekämmt oder 5—8^{cm} tief in letztere eingelassen. Der Bohlenbelag ist auf die Langschwellen zu

nageln und erhält 5—12^{cm} Stärke, in der Regel 1/3 der Querschwellenstärke. Wenn die Querschwellen weggelassen werden, ist dem Belag 12—15^{cm} Stärke zu geben. Der Raum zwischen den Schwellen wird wie beim Pfahlrost mit Thon, Pflaster, Bruchsteinmauerwerk oder besser mit Beton ausgefüllt Da, wo eine Spundwand erforderlich wird, ist solche getrennt vom Rost aufzuführen.

Für das Abbinden und Einbringen der Schwellen in die Baugrube einschliesslich der Herstellung der Verkämmungen sind pro Meter Länge bei weichem Holz 0,17 t, bei hartem Holz 0,20 t erforderlich. Für das Aufbringen und Nageln des Bohlenbelags werden pro cbm etwa 5 Mk. vergütet. 1 qm erfordert sammt Zuschneiden, Säumen und Nageln 0,3 t.

Der Pfahlrost.

Bei demselben werden die 20—30^{cm} starken Pfähle nach Bedarf in der Richtung des Drucks angeordnet und so vertheilt, dass jeder Pfahl wenn möglich eine gleich grosse Belastung erhält. Die Pfähle werden in Reihen, deren Abstand gewöhnlich 0,7—1,5^{m} beträgt und in ebenso grossen oder um etwa 1/6 grösseren Entfernungen eingerammt. Die 20/25^{cm} bis 25/30^{cm} starken, möglichst langen Rostschwellen sind mit den Pfählen zu verzapfen, wo ein Auftrieb stattfindet (Schleusenböden), lässt man einzelne Zapfen ganz durchgehen und verkeilt sie von oben. Der stumpfe Stoss der Rostschwellen muss auf einen Pfahl zu liegen kommen und ist mit Eisenschienen zu überbinden. Die Entfernung der 15^{cm} breiten, 17—20^{cm} hohen Querzangen beträgt gewöhnlich 0,9—1,5^{m}, zwischen diese Zangen und gleichlaufend mit ihnen werden die 6—12^{cm} starken Bohlen angebracht, welche auf den Rostschwellen mittelst Holznägeln, bei seitlichem Schub dagegen mittelst starken Leistnägeln befestigt werden.

Häufig wird anstatt des Rostes eine Betonschüttung aufgebracht, weil solche sich oft einfacher und rascher als Bohlenbelag ausführen lässt. Die Pfahlköpfe sollen nicht weniger als 15^{cm} und nicht mehr als 30^{cm} in diesen Betonkörper reichen, der über den Pfählen mindestens 50^{cm} stark sein soll. Die Höhe h dieser Betonschicht in Meter berechnet sich mit Rücksicht auf Biegung aus

$$h = \sqrt{\frac{p \cdot l}{2k}},$$

ferner mit Rücksicht auf das Abscheeren neben den Pfählen aus der Formel

$$h = 0{,}866 \sqrt{\frac{p \cdot l}{t}},$$

worin l die Entfernung der Pfahlreihen in Meter, p die Belastung in kg pro lfd. Meter auf 1^{m} Tiefe, k und t die zulässige Zug- bezw. Schubspannung pro qcm bedeutet. Bei 10facher Sicherheit ist k = 1,3, t = 1,6 kg anzunehmen.

Ist die Tragfähigkeit pro 1 qcm Pfahlkopffläche k in kg und misst letztere F in qcm, ist ferner D der Gesammtdruck auf den Rost in Tonnen, so ist die Anzahl n der erforderlichen Pfähle $n = \frac{1000 \cdot D}{k \cdot F}$ (k = 20 kg bei langen Pfählen und lockerem Boden, k = 40 kg bei kurzen Pfählen und festem Boden).

Die Stärke d der Rostpfähle in cm, die unten fest im Boden stehen und über denselben (um 1 cm) hervorragen, bestimmt sich aus

$$d = 1{,}7 \sqrt[4]{\frac{s l^2}{E}} \cdot P,$$

worin P die Belastung pro Pfahl in kg, s = 10 den Sicherheitscoëfficienten bezeichnet und E = 120,000 kg ist.

Das Aufbringen der bearbeiteten Schwellen auf die Pfähle erfordert pro Meter 0,087 t, die Herstellung eines Zapfenlochs bei weichem Holz 0,06 t und bei hartem Holz 0,09 t, einschliesslich Herstellung der Zapfen und Zapfenlöcher 0,4 t, das Aufbringen der Zangen 0,25 t.

Die Brunnengründung.

Dieselbe wird sowohl wegen der Raschheit in der Ausführung als auch wegen der geringen Kosten am zweckmässigsten da angewendet, wo tragfähiger Boden von lockeren Schichten überlagert, aber in nicht zu grosser Tiefe zu erreichen ist.

Digitized by Google

Die geeignetste Grundrissform der Brunnen ist in der Regel die kreisförmige. Brunnen für Hochbauten erhalten gewöhnlich 1,0^{m}, desgl. für Brücken-, Quai- und dergl. Bauten 3—6^{m} Lichtweite, Brunnen für Hochbaugründungen erhalten ein Mauerwerk von 0,25—0,37^{m} Stärke, Tiefbaugründungen desgl. von 0,6—1,0^{m}. Bei Bauwerken mit starkem Seitenschub (Futtermauern und dergl.) werden die Brunnen, um gegen Verschiebungen widerstandsfähiger zu sein, oft auch quadratisch oder rechteckig und alsdann auch mit grösseren Mauerstärken hergestellt, hierbei werden jedoch die Ecken innen und aussen abgestumpft.

Die Aussenseite der Brunnen erhält zur Verminderung der Reibung einen nach innen geneigten Anlauf von $^{1}/_{12}$ bis $^{1}/_{24}$ und entweder einen glatten Verputz mit Portlandcementmörtel oder sauber verstrichene und geglättete Fugen.

Der Durchmesser der Brunnen ist so zu wählen, dass das Pfeilermauerwerk nicht auf das Kranzmauerwerk, sondern auf das Kernmauerwerk zu liegen kommt.

In der Regel dienen mehrere Lagen (in steinigtem Boden noch mit Eisen armirte) Bohlenkränze oder schmiedeiserne Kränze zur Aufnahme des Mauerwerks. Die Bohlen werden in 2—4 Lagen von 40—80$^{m.m}$ Stärke unter sich verbolzt und vernagelt. Die unterste Bohle wird keilförmig abgeschrägt. Der Querschnitt hölzerner Kränze schwankt zwischen 0,08—0,12 qm. Das Gewicht eiserner Kränze beträgt durchschnittlich 0,1—0,15 t pro m Brunnenumfang.

Das Lösen des Bodens unter dem Brunnen erfolgt meistens durch Ausgraben, sobald ohne zu grosse Kosten das Wasser noch durch Pumpen entfernt werden kann, andernfalls durch Ausbaggern mit dem Handbagger, der indischen Schaufel u. dergl. Geräthen. Da der den Brunnen umgebende Boden nachschiebt, so muss oft um das $1^{1}/_{2}$—3fache mehr Boden entfernt werden, als der Inhalt des versenkten Brunnens beträgt, besonders ist dies bei rechteckigen Brunnen der Fall. Zur Verminderung dieses Uebelstandes lässt man den Brunnenkranz in der Mitte der geraden Seiten tiefer hinabreichen als an den Ecken.

Grössere Pfeiler bestehen aus mehreren Brunnen von 4—6^{m} Länge und Breite, welche zu gleicher Zeit gesenkt werden. Die Entfernung der Brunnen an den Kränzen beträgt hierbei etwa 20^{cm}. In den unteren Schichten werden die Brunnen gewöhnlich aus Klinkern in Cementmörtel, über der Flusssohle dagegen aus Quadern und Bruchsteinen hergestellt. Liegt die Baustelle unter Wasser, so wird bei mässiger Tiefe und langsam fliessendem Wasser zuerst ein inselartiger, künstlicher Baugrund, welcher durch Spundwände auf der oberen Seite geschützt wird, zum Aufsetzen des Kranzes geschüttet. Bei grösserer Tiefe oder bei rasch fliessendem Wasser bewirkt man dagegen die Senkung von festen oder, wenn mehrere Brunnen zu senken sind, von schwimmenden Gerüsten aus. Das Senken der Brunnen erfolgt hierbei mittelst Flaschenzügen oder Schraubenspindeln. Wo ein Schiefgehen beim Hinabtreiben befürchtet wird, ist das Mauerwerk noch zu verankern. Die Betonsohle im Brunnen ist so stark zu machen, dass ihr Gewicht dem Auftrieb das Gleichgewicht hält. Diese Stärke ist $= \frac{h}{\gamma}$, worin h die Höhe des Wasserdrucks, γ das spec. Gewicht des Betons bezeichnet. In der Praxis genügt oft die Hälfte, mit Rücksicht auf den Widerstand, den das Wasser beim Aufsteigen im Boden erfährt.

Die Brunnen können bei Verwendung von Portland-Cementbeton nach Verfluss von 4—5 Tagen, desgleichen bei Trassbeton nach etwa 2 Wochen zur Aufnahme des Mauerwerks ausgepumpt werden.

Das Senken eines Brunnens kostet bei ca. 4—5^{m} Tiefe und 3—4^{m} Weite pro Meter ca. 60—100 Mk., der cbm Holzbrunnenkranz ca. 90 Mk. Bei Hochbauten werden gewöhnlich kreisrunde Brunnen 1 Stein stark auf 0,3^{m} breiten Kränzen von 3 ca. 50^{mm} starken Bohlen auf je 3,5—4,0^{m} Entfernung hergestellt, welche Verbindungsbögen erhalten. Solche Brunnen von ca. 1,8^{m} äusserem Durchmesser kosten gemauert bei 5—6^{m} Tiefe ca. 150 Mk. pro lfd. Meter. Die Minimalweite eines Brunnens beträgt 1,0^{m}, die Maximallänge ca. 6,0^{m}.

Die vollständige Rüstung zum Senken eines Brunnens incl. der Aufstellung der Winde kostet

bei Brunnen von	1,0^{m}	Durchmesser ca.	80	Mk.
« « «	2,0^{m}	« «	175	«
« « «	3,0^{m}	« «	250	«
« « «	4,0^{m}	« «	350	«

Brunnen aus Guss- und Walzeisen empfehlen sich besonders bei Seebauten und in Gegenden, wo die Beschaffung von guten Mauersteinen und Arbeitern schwierig ist.

Luftdruckgründung.

Wird Luft auf die Hälfte oder den dritten Theil ihres ursprünglichen Volumens zusammengedrückt, so besitzt sie 1 bezw. 2 Atmosphären Ueberdruck; da der Wasserdruck mit je rund 10^{m} Tiefe um 1 Atmosphäre zunimmt, so kann Luft von 1 oder 2 Atmosphären Ueberdruck das Wasser in 10 oder 20^{m} Tiefe verdrängen. Weil jedoch besonders bei dichtem, wenig durchlassendem Boden durch das wegzudrückende Wasser viele Widerstände zu überwinden sind, so muss ein gewisser Widerstands-Ueberdruck vorhanden sein.

Menschen können noch in einer Tiefe von 40^{m} bei 4 Atmosphären Ueberdruck arbeiten.

Die Arbeitszeit nimmt je nach dem Ueberdruck von je 2 Mal täglich 4 Stunden bis auf 2 Mal je 1 Stunde ab.

Zum Einschleusen sind für jede Atmosphäre Ueberdruck mindestens 8 Minuten Zeit aufzuwenden.

Für das Ausschleusen bei 1 Atmosphäre Ueberdruck 5 Minuten, desgl. bei 2 Atm. 20 Min., bei 3 Atm. 50 Min.

Ueber die Construction eiserner Senkkasten siehe Brennecke, Centralblatt der Bauverwaltung von 1884 und 1885, ferner das Handbuch der Ingenieurwissenschaften.

Als zulässige Inanspruchnahme des Eisenwerks bei Senkkasten nimmt man etwa das Doppelte an von der bei Brücken, also 1000—1500 kg pro qcm. Das gesammte Eisengewicht eines Senkkastens in kg ist etwa $= 280\,P + 130\,S$, wo P der Umfang desselben in m und S die Grundfläche in qm bezeichnet. In neuerer Zeit wurden auch gemauerte Senkkasten ausgeführt, wobei das Mauerwerk auf starke eiserne Kränze aufgesetzt wurde. Das gesammte Eisengewicht der hierbei kreisförmig oder elliptisch angeordneten Kränze beträgt in kg $560 + 145\,P$, dagegen das Gewicht rechteckiger Kränze $2700 + 227\,P$, wo P den Umfang in m bezeichnet.

In Amerika werden vielfach hölzerne Senkkasten angewendet und beträgt hierbei der Holzverbrauch ca. 1,5 cbm pro qm Grundfläche.

Bei der Gründung der neuen Mainbrücke bei Kostheim wurden solche Senkkasten ebenfalls in Anwendung gebracht. Dieselben hatten rechteckige Querschnitte, 5,0^{m} Breite und 16,8^{m} Länge. Die lothrecht gestellten, 6^{cm} starken Bohlen der Aussenwand, sowie die waagrecht liegenden, 5^{cm} starken Bohlen der Innenwand und Decke sind mit Nut und Feder versehen und mit Kitt gedichtet, sowie auf Bindern von 1,1^{m} Abstand von Mitte zu Mitte genagelt worden; an den Aufhängpunkten befinden sich Doppelbinder. Der Raum zwischen Aussen- und Innenwand wurde, nachdem der Kasten in das Hängegerüst eingefahren und an die Schrauben gehängt war, mit Beton ausgefüllt. Meistens werden an jedem Senkkasten zwei Schachtrohre angeordnet, häufig wird aber ausser diesen noch ein besonderer Fahrschacht mit kleinerer Schleuse aufgestellt.

Die Schachtrohre, von ca. 6,5^{mm} starkem Blech hergestellt, erhalten etwa 1,0^{m} Durchmesser, die einzelnen Trommeln derselben sind 1—2^{m} lang.

Von der Firma Klein, Schmorl & Gärtner in Wien werden Förderschleusen angewendet, mittelst welcher 30—40 cbm Sand und Schotter, oder 20—30 cbm grobes Geschiebe oder 15—20 cbm Felsen in 24 Stunden ausgebracht werden können. Beim Bau der neuen Rheinbrücke in Basel (Holzmann & Co.) wurden durch 10—14 Mann im Senkkasten in 24 Stunden durchschnittlich 40 cbm gewachsener Boden (Kies, Letten) gefördert, und in 36 Stunden 2100 Kübel Beton von 0,09 cbm Inhalt, zusammen also 190 cbm eingebracht. Bei der Elbebrücke bei Dömitz wurden pro Tag 50 cbm Boden gefördert, wobei 1 cbm 0,5 t erforderte. Mit 1 Mann Bedienung in der Schleuse und 6—7 Arbeitern im Senkkasten wurde in 4 Stunden mit ca. 2 Schleusenfül-

lungen rd. 9 cbm loser Boden gefördert, und pro cbm ohne Rücksicht auf die Förderhöhe, die im Maximum 15^{m} betrug, 2 Mk. 80 Pfg. bezahlt.

Beim Bau der Oderbrücke in Stettin geschah die Förderung in Kübeln von 0,046 cbm Fassungsraum mittelst Flaschenzügen und betrug hierbei der Arbeitslohn 6 Mk. pro cbm gewachsenen Boden.

Bei der Rheinbrücke bei Düsseldorf wurde der Boden durch Handbetrieb mittelst Winden in Kübeln von 37 Liter Inhalt und in jeder Schicht von 4 Stunden eine Bodenmasse von 3—3,7 cbm gefördert.

Das Eindringen des umgebenden Bodens in den unteren Arbeitsraum beträgt 25—40% der verdrängten Masse.

Die Ausfüllung der Senkkasten geschieht mittelst Beton oder Mauerwerk.

Die Aufmauerung bezw. Senkung beträgt pro Tag im Mittel 0,3—0,5^{m}.

Mittelst Pressluft kann höchstens 30—40^{m} tief unter Wasser fundirt werden.

Das Gefrierverfahren.

Die Pötsch'sche Schachtabteufemethode beim Niedertreiben von Schächten in schwimmendem Gebirge. Hierbei wird ein System von bis zum tiefsten Punkte niedergetriebenen nahezu vertikalen Röhren von ca. 175^{mm} Durchmesser und 8^{mm} Wandstärke, mit stark abgekühlter Chlormagnesium- oder Chlorcalciumlauge gefüllt. Die hierdurch bewirkte Abkühlung bringt die jedes Rohr umgebende Gebirgsmasse in der Form abgestumpfter, sich berührender und endlich schneidender Kegel zum Gefrieren, wodurch ein vollständig dichter Abschluss erzielt wird. Die schmiedeeisernen meistens 5^{m} langen, aussen ganz glatten Röhren erhalten eingeschnittene Schraubengewinde und werden durch Vorbohren eingetrieben, wobei mittelst eines Ventilbohrers der Bohrschlamm herausgezogen wird; ausserdem wird ein äusserer Druck zum Nachtreiben ausgeübt. Die Bewegung wird der Lauge durch eine Pumpe ertheilt. Die Frostkörper um die Röhren wachsen mit der Zunahme der Wärmeentziehung. Es beträgt der Durchmesser des Frostkegels um jedes Gefrierrohr von 175^{mm} Durchmesser unten ca. 1,5^{m}. Die in den Kühlröhren auf —23—35° C. abgekühlten Laugen treffen in einem Vorkühler mit der vom Schacht zurückkehrenden in der Regel auf +5—6° C. erwärmten Lauge zusammen, wodurch die Mischung sich auf —17 bis —18° C. abkühlt. Eine über —23° C. hinausgehende Abkühlung ist zur Vermeidung von Sprüngen in den Röhren nicht räthlich.

Die Gefrierröhren werden am besten im Kreis so um die auszuschachtende Stelle angeordnet, dass sie etwa noch 1^{m} vom Schacht entfernt bleiben, um den auszuschachtenden Boden möglichst wenig zum Gefrieren zu bringen, die Entfernung a der Röhren unter sich richtet sich nach der nothwendigen Stärke δ der Frostwand und kann nach Brennecke berechnet werden aus $a = \sqrt{2{,}25 - \delta^2}$ (a und δ in Metern), wobei δ zu berechnen ist aus $\delta = \frac{d}{2}\left(-1 + \sqrt{\frac{k}{k - 0{,}2\,t}}\right)$, wo δ die Wandstärke, d der innere Durchmesser, t die Gründungstiefe unter dem Grundwasserspiegel in cm und k = 40 kg die zulässige Beanspruchung pro qcm.

Bei dem **Archibald**schacht, welcher in 34^{m} Tiefe eine 4,5^{m} mächtige Schwimmsandschichte zeigte, wurden von Pötsch im Ganzen 23 Röhren von 200^{mm} Durchmesser eingetrieben. In 64 Tagen nach Inbetriebsetzung der Eismaschine war das Schwimmgebirge um den Schacht herum vollständig gefroren. Im Schacht **Centrum** von 34,5^{m} Tiefe und 4^{m} auf 6^{m} Querschnitt trat das schwimmende Gebirge schon bei 6^{m} Tiefe bis zur Sohle auf. Im Ganzen wurden hier 16 Stück Röhren eingetrieben. Täglich konnten etwa 0,5^{m} im Schwimmsand niedergetrieben werden. Der Fusskranz des Senkschachts wird auf das gefrorene Gebirge gestellt und von dem Eiskörper unter dem Kranz je soviel weggearbeitet, als die Mauerung über Tag fortschreitet. Die Dicke des Gefrierkörpers beträgt 1,5—1,8^{m}. Die Röhren werden in einer Entfernung von 0,9—1,0^{m} von einander am äusseren Umfang des Schachtmauerwerks gebohrt. Die Leistung der Eismaschine (welche ca. 40000 Mk. kostet), ist pro Tag zu 12 cbm Frostmasse anzuschlagen. Der cbm solcher Masse kommt auf ca. 81 Mk. zu stehen; der

Meter Schacht in schwimmendem Gebirge abzuteufen aber auf 1000 Mk bis 1300 Mk. (s. auch Wochenschrift d. österr. Ing.-Vereins von 1885 No. 14 u. 15).

Die täglichen (24 Stunden) Betriebskosten incl. Amortisation betragen ca. 80 Mk.

Je undurchlässiger der Untergrund ist, desto mehr empfiehlt sich die Gefriermethode, dagegen ist letztere in durchlässigem Boden, z. B. in Kies, wo die ganze Sohle der Baugrube zum Gefrieren gebracht werden müsste, weniger zu empfehlen. Desgleichen ist sie nicht zu empfehlen, wo das Grundwasser nicht in Ruhe ist, bezw. nicht mässige Geschwindigkeit besitzt, weil in solchem Fall der Boden nur äusserst schwer oder beinahe gar nicht zum Gefrieren gebracht werden kann.

Das Gefrierverfahren des Capitäns Lindmark besteht darin, dass in den Arbeitsraum bei Nacht kalte Luft von ca. 52° unter Null eingeblasen und derselbe gegen rückwärts durch doppelte Bretterwände mit ca. 16^{cm} starkem Füllmaterialeinschluss (Kohle und dergl.) abgeschlossen wird. Bei Tag wird dann die Wand entfernt und das gefrorene Erdreich ausgeschachtet. Bei einem so ausgeführten Tunnelbau in Stockholm war das Erdreich 2^{m} dick gefroren. Die Mauerung darf erst dann erfolgen, wenn der Mörtel nicht mehr unter der von dem gefrorenen Erdreich ausgehenden Kälte Noth leiden kann. Eine Kaltluftmaschine von 36 Pferdekräften lieferte die abgekühlte Luft.

Gründung auf Beton*).

Betonfundamente können bei 1^{m} Stärke 4—5 kg pro qcm tragen, wenn der Baugrund wenig pressbar, dagegen nur 2,5 kg bei nachgiebigem Baugrund. Unter gewöhnlichen Verhältnissen genügt eine Stärke von $0{,}75—1{,}0^{m}$, bei geringer Belastung selbst von $0{,}5—0{,}6^{m}$.

Bei Gründungen auf Beton unter Wasser muss die Betonschicht so stark gemacht werden, dass ihr Gewicht dem auf die Betonsohle wirkenden Wasserdruck das Gleichgewicht hält, also bei Ziegelsteinschotter eine Stärke von ca. 0,63, bei Bruchsteinschotter von 0,5 der Druckhöhe erhalten. Bei breiten Fundamenten, z. B. Schleusen, Trockendocks würde man oft zu starke Betonschichten erhalten, es wird alsdann die Biegungsfestigkeit des Betons berücksichtigt, da aber die Zugfestigkeit desselben nur ca. $1/7—1/10$ der Druckfestigkeit beträgt, so empfiehlt es sich, den oberen Theil der Schüttung aus einer besseren Betonmischung herzustellen. In solchem Falle und wenn zwischen Betonfangdämmen fundirt werden soll und ein starker Auftrieb zu erwarten ist, berechnet sich die Dicke c eines Betonbetts einer Baugrube, wenn h die Höhe des äusseren Wasserstands über der Oberfläche des Betonbetts, b dessen Breite zwischen den Fangdämmen, m die absolute Festigkeit des Betons in kg pro qm, γ das Gewicht eines cbm Wasser bezeichnet und q = dem Gewicht eines cbm Beton angenommen wird

$$c = \frac{-3b^2(q-\gamma) + b\sqrt{9b^2(q-\gamma)^2 + 96\gamma \cdot h \cdot m}}{16 \cdot m}$$

worin q etwa = 2,47 γ, γ = 1000 kg, m = 70000—120000 kg je nach der Güte des Betons anzunehmen ist.

S. Rühlmann, Hydromech. S. 26.

Es wird jedoch entsprechend dem Bodenwiderstande nicht immer der volle hydrostatische Druck und eine Verminderung des Druckes, namentlich bei feinem Sandboden, eintreten. Nach Franzius darf daher, je nach der Dichtigkeit des Baugrundes, nur $1/2$ bis $1/4$ der Druckhöhe in Rechnung gestellt werden.

Die Baugruben sollten während der Einbringung des Betons und noch mindestens 24 Stunden nachher möglichst trocken gehalten werden, so dass der Beton leicht eingebracht und überdies fest gestampft werden kann. Es wird hierdurch nicht nur eine grössere Festigkeit und Gleich-

*) S. auch Klose, Der Portland-Cement und seine Fabrikation. Preis Mk. 1,60. Verlag von J. F. Bergmann in Wiesbaden. Ferner die Inserate von Dyckerhoff & Söhne in Biebrich, Schifferdecker & Söhne in Heidelberg und Fr. Sieger & Co., Portland-Cement-Fabrik in Budenheim bei Mainz, Oberkammloher Cementfabrik (Oberbayern) und E. Schweneck in Ulm, Oppelner Portland-Cement-Fabriken, vormals F. W. Grundmann in Oppeln, Chr. Lothary Wwe. & Co. in Weisenau bei Mainz.

Digitized by Google

artigkeit des Betons erreicht, sondern auch ein grösserer Zusatz von Sand und Schotter zum Cement- bezw. Trassmörtel ermöglicht und zugleich an Arbeitslohn gespart.

Das in den Baugruben auftretende Wasser ist in einen ausserhalb des eigentlichen Fundaments gelegenen Sumpf zu leiten, woselbst die Pumpen eingestellt werden. Die Ableitung des aus der Sohle aufdringenden Wassers nach dem Sumpf geschieht mittelst Drainröhren, durchlöcherten Cementröhren und dergl., deren Weite dem Wasserzudrang entsprechend gross zu bemessen ist. Auf diese in den Boden gelegten Röhren wird der Beton unmittelbar aufgebracht. Bei grösserem Auftrieb des Wassers muss die unterste etwa 0,4^{m} hohe Betonschichte mit geringerem Sand- und Schotterzusatz, ohne Einbringung von Steinen, hergestellt werden. An den Seitenwänden ausbrechende Quellen werden während des Betonirens mittelst wasserdichter Leinwand oder durch Aufwerfen von reinem, sehr rasch bindendem Romancement so lange vertrieben, bis der Beton an der betreffenden Stelle hart geworden ist. Ebenso wird rasch bindender Portlandcement bei stärkerem Wasserzudrang verwendet. Bei Verwendung von warmem Wasser geht die Erhärtung — namentlich beim Trassbeton — erheblich rascher voran.

Zur leichteren Bewältigung des Wasserzudranges pflegt man häufig die Baugrube zu theilen.

Wenn eine zu grosse Lockerung des Bodens (bei Sand, Kies und dergl.) durch den in Folge des Pumpens hervorgerufenen Auftrieb vermieden werden soll, werden an den Stellen, wo stärkere Quellen auftreten, Röhren mit freiem Auslauf eingesetzt, und wird zugleich das Wasser von diesen aus entweder direct durch Pumpenabsaugung und dergl. Mittel oder durch Schaffung eines freien Ablaufs nach einem Pumpensumpf derart abgeführt, dass der Auftrieb unschädlich gemacht wird. Nach genügender Erhärtung des Betons werden diese Röhren mit einer Lage getheerten Wergs und ganz steifem Portlandcementmörtel gedichtet bezw. ausgefüllt und ausgestampft.

Bei Betonirungen unter Wasser

beginnt man in den Ecken der Baugruben und schreitet mit der Arbeit derart fort, dass das Wasser bis zum Abbinden des Mörtels vom fertigen Beton möglichst ferngehalten wird, da die Festigkeit des unmittelbar unter Wasser eingebrachten Betons, je nach dem Cementzusatz, nur $^{1}/_{3}$—$^{1}/_{4}$ von derjenigen beträgt, welche erhalten wird, wenn derselbe an der Luft abbinden kann. Eine bewährte Mischung für Beton unter Wasser ist $1^{1}/_{2}$ Cement, $2^{1}/_{2}$ Sand und 4 Schotter von nicht über 4^{cm} Durchmesser und von möglichst gleichartiger Beschaffenheit, da die schwereren Steine das Bestreben haben, sich auszuscheiden bezw. zu unterst zu lagern. Bei Arbeiten, welche besondere Festigkeit erheischen, ist dagegen eine Mischung von 1 Cement, 2 Sand und 2 Schotter oder Kies anzuwenden, überhaupt ist dann mehr Mörtel im Verhältniss zum Schotter zuzusetzen.

Die Versenkung unter Wasser geschieht bei kleineren Baustellen am Besten mittelst Blechkübeln von 0,5—1,0 cbm Inhalt in Lagen von nicht unter 0,6^{m} Stärke; sehr empfehlenswerth ist die Anwendung hoher Trichter, um den Beton unter stärkerem Druck zu versenken. Auch hierbei in Lagen bis höchstens 1^{m}. Die Trichterbewegung ist so einzurichten, dass der bezügliche Betonstreifen so liegt, wie er nach seiner Beanspruchung als Träger wirken soll, z. B. bei Schleusen rechtwinklig zur Längsaxe.

Es empfiehlt sich hierbei so viel Beton als möglich zu gleicher Zeit und mit möglichst kurzen Unterbrechungen einzubringen, um den Zutritt von Wasser zum Beton möglichst zu verringern. Bei kleineren Baugruben und bei mässigem Wasserzudrang genügt es schon, wenn man den Beton gegen 4—5 nebeneinander gestellte, lose von Menschenhand versteifte Schaufeln oder an lose verspreizte kurze Dielstücke und dergl. anwirft, welche nach Massgabe des Fortschritts in der Einbringung lediglich durch das Stampfen der Betonmasse vorwärts geschoben werden.

Hauptregel: Reine, nasse Steine, möglichst trocken angemischter Mörtel.

In bewegtem Wasser kann nicht betonirt werden.

Es ist beim Betoniren unter Wasser sorgfältig darauf zu achten, dass vor Einbringung neuer Betonlagen stets der vorhandene Cementschlamm entfernt wird. Die Entfernung det Schlamms

geschieht gewöhnlich mit Sackbaggern; bei 3—5m Wassertiefe kostet das Reinigen einer ziemlich Schlamm bildenden Cementbetonsohle pro qm ca. 1 Mk. 20 Pf., dito bei einer Trassbetonsohle ca. 80 Pf. Der mit bestem Trassmörtel zubereitete Beton bildet etwas weniger Schlamm als der Cementbeton.

Man darf annehmen, dass gut unter Wasser versenkter Beton nach Verfluss eines Jahres die 4fache Tragfähigkeit von derjenigen hat, welche nach Verfluss von 4 Wochen constatirt wird. Die Anschaffung einer Betonrüstung für einen Kasten kostet excl. Winden ca. 370 Mk.

Wasserkalkmörtel und Beton, Festigkeit derselben.

Zur Herstellung von Mauerwerk aller Art, welches gegen die Einflüsse der Witterung geschützt werden soll, ferner zu Fundamenten und Mauern unter Wasser werden aus Wasserkalken bereitete Mörtel verwendet. Bei den letzteren spielt der verwendete Sand eine Hauptrolle. Derselbe muss durchaus unverwitterbar, scharfkantig und vollständig frei von allen erdigen, namentlich von lettigen und torfigen Bestandtheilen sein, wenn der Mörtel eine genügende Härte erreichen und sich mit den Steinen bezw. mit dem Schotter des Betons gut verbinden soll. Am besten eignet sich hierzu der reine Quarzsand. Der zu Mauerwerk und Beton zu verwendende Sand muss grobkörnig sein, zum wasserdichten Verputz eignet sich dagegen der feine Sand besser. Je feiner der Sand ist, desto grösser ist auch der Verbrauch an Kalk, Cement u. s. w., welche Stoffe die Sandkörnchen zu umhüllen haben.

Vor der Bereitung des Mörtels hat man sich zunächst darüber zu vergewissern, welche Festigkeit der Mörtel erhalten soll und hiernach die Zusammensetzung des Mörtels — unter Umständen durch Versuche — zu bestimmen. Diese Festigkeit ist jedoch eine verschiedene, je nachdem der Mörtel bei Betonirungen oder in Mauerwerkskörpern über oder unter Wasser verwendet wird, sie wechselt mit der Dicke der Fugen und auch mit der Beschaffenheit und der Bearbeitung der Steine, mit welchen der Mörtel zusammengebracht wird. Die Festigkeit des Mörtels ist in nicht zu dünnen Schichten, z. B. in den Fugen eines Mauerwerks grösser als in der Würfelgestalt. Eine Hauptbedingung ist innige und feste Verbindung des Mörtels mit den Steinen.

Es ist werthlos, einen sehr festen Mörtel bei einem Mauerwerk anzuwenden, dessen Steine eine geringere Festigkeit haben. Man hat daher etwaige Versuche nicht einseitig auf die Mörtel oder auf die Steine, sondern auf die aus ihnen verschiedenartig zusammengesetzten Mauerwerks- oder Betonkörper auszudehnen.

Schwarzkalkmörtel.

Für einfachere Bauten über Wasser genügen schon die mit 3 Theilen Sand und 1 Theil Schwarzkalk hergestellten Mörtel. Der letztere wird in Pulverform geliefert. Seine Zusammensetzung ist eine verschiedene. Geringwerthig sind die aus dolomitischen Kalken mit viel Magnesiagehalt erbrannten Kalke, am werthvollsten diejenigen, welche ca. 80—85% Aetzkalk und 20—15% Kieselsäure und Thonerde enthalten.

Bei Mörteln, insbesondere Cementmörteln, welche nur einen geringen Druck auszuhalten haben und daher einen hohen Sandzusatz erhalten, also zu mager sind, um mit den Steinen eine innige Verbindung einzugehen, pflegt man Aetzkalk zuzusetzen, wodurch nicht nur die Bindekraft, sondern auch die Festigkeit des Mörtels erhöht wird.

Diese gewöhnlich im Verhältniss von 1 Volumtheil Cement oder Schwarzkalk, 1—½ Theil Aetzkalk und 6 Theilen Sand zubereitete Mörtel haben ebenfalls noch stark hydraulische Eigenschaften.

Die in solchen Kalken enthaltene Magnesia hat hierbei nur die Eigenschaft eines geringwerthigen Sandes.

Trassmörtel.

Von sehr verschiedenem Werth sind die Puzzolane und die Trasse, welche mit Aetzkalk gemengt einen Mörtel liefern, welcher die Eigenschaft hat, unter Wasser zu erhärten. In Deutschland liefern die Tuffe der alten Eifelvulkane fast ausschliesslich das Rohmaterial. Die frühere Hauptfundstätte, das Brohlthal, ist nahezu ausgebeutet, nur der minderwerthige, aus Tuffasche bestehende Berg- oder wilde Trass ist noch in grösseren Lagern vorhanden und wird häufig für echten Trass geliefert. Dagegen ist der aus dem Nettethal stammende sogen. Andernacher Trass von vorzüglicher Qualität, derselbe ent-

Digitized by Google

hält etwa 19% lösliche Kieselsäure, desgl. 7½% Thonerde, 26% in Salzsäure lösliche Alkalien; in besseren Trasssorten steigt der Gehalt an Kieselsäure und Thonerde auf das Doppelte. Diese Stoffe gehen mit dem ihnen zugesetzten Kalkteig chemische Salzverbindungen ein. Der beste Trass hat eine bläuliche und graue Farbe, der minderwerthige aus den oberen Schichten stammende eine gelbe Farbe. Der Trass muss gemahlen werden; je feiner die Mahlung ist, desto grösser wird die Festigkeit des Trassmörtels. Um sicher zu gehen, wird der Trass häufig erst auf der Baustelle gemahlen, nachdem die gute Beschaffenheit der im Bruch gewonnenen Steine zuvor untersucht worden ist. Letztere müssen scharfe Kanten zeigen. Das Trassmehl muss sich scharf anfühlen. Ein Merkmal der Güte ist der Gehalt an Glühwasser, welcher mit der Qualität wächst und mindestens 5% betragen soll. Die Erhärtungsfähigkeit wird mit der sogen. Vicat'schen Nadel an dem sofort nach der Zubereitung unter Wasser gebrachten Mörtel untersucht, s. Centralbl. d. Bauv. v. 1887, S. 176.

Auf die Erhärtung der Trassmörtel wirkt der Wärmegrad in quadratischem, die Zeit in einfachem Verhältniss ein. Auch das Gewicht gibt Unterscheidungsmerkmale, indem der beste blaue Trass ca. 92 kg, der gute gelbe 89 kg, der Brohler 85 kg und der wilde Trass ca. 77 kg pro hl wiegen, wobei bei einem 530 Maschensieb höchstens 11% Rückstand sich ergeben dürfen.

Beim Bau der Westerwaldbahn war vorgeschrieben, dass auf einem 900 Maschensieb nur 24% Rückstände vorhanden sein sollen.

Ueber den Einfluss der Feinheit des Trassmehls auf die Zugfestigkeit hat Stahl im Wochenbl. f. Bkde., S. 1877, folgende Tabellen veröffentlicht:

Mischungen nach Raumtheilen.							Mittlere Zugfestigkeit in kg pro qcm.	Trass.	Rückstand zwischen dem Maschensieb.
Kalk.	Trass I.	Trass II.	Trass III.	Trass IV.	Trass V.	Sand.		No.	
1	1	—	—	—	—	1	1,85	I =	60—120
1	—	1	—	—	—	1	3,51	II =	120—900
1	—	—	1	—	—	1	6,70	III =	900—2500
1	—	—	—	1	—	1	9,55	IV =	2500—5000
1	—	—	—	—	1	1	12,15	V =	Durch das 5000 Maschensieb gegangen.

Hiernach würde die Westerwalder Vorschrift einer Zugfestigkeit von 6 kg für den qcm entsprechen.

Bei den Rheinischen Bahnen werden solchen Trassen Fettkalke von 95—97%, aber auch Wasserkalke mit 80% und mehr Kalkgehalt zugesetzt.

Je fetter der Kalk ist, einen desto grösseren Sandzusatz verträgt der hiermit zubereitete Trassmörtel. Die guten Trassmörtel haben die besondere Eigenschaft, dass ihr Abbinden erst etwa 12 Stunden nach dem Anmachen des Mörtels beginnt, und dass daher bezüglich ihrer rechtzeitigen Verarbeitung keine zu weit gehende Aufsichtführung nothwendig ist. Nach Sigle, s. die oben genannte Quelle, soll auch das Abbinden des Trassmörtels durch gelinden Frost nicht gestört, sondern nur unterbrochen werden. Auch im Freien können manche Trasse ohne Nachtheil für ihre Güte gelagert werden, dagegen gehen die Puzzolane hiedurch zurück.

Versuche, welche bei den Bremer Hafenbauten bezüglich, der Festigkeit von Trassmörteln angestellt wurden, haben ergeben, dass eine Mischung aus 1 Theil bestem Trass aus dem Nettethal, 1 Theil Lengericher Kalk und 1 Theil Normalsand nach 4 Wochen eine Zugfestigkeit von 14—17 kg und eine Druckfestigkeit von 77—101 kg pro qcm erreicht hatten. Bei Trassbetonbauten wird gewöhnlich 1 Raumtheil Trass mit 1 Theil Aetzkalk, 1½ Theilen Sand und 5 Theilen Schotter gemengt.

Portlandcementmörtel.

Der Portlandcement ist ein bis zur Sinterung gebrannter Mergel, wobei auf 1 Gew.-Theil Kieselsäure, Thonerde und Eisenoxyd etwa 2 Gew.-Theile Kalk kommen; in gebranntem Zustand besteht derselbe nach Michaelis aus etwa 29—33,5% Silikat, 67—62,5% Kalkerde und 4% sonstigen Stoffen (Eisenoxyd u. s. w., er sollte jedoch nicht

mehr als 2% Magnesia enthalten, ein Gehalt von über 3% ist jedenfalls schädlich und zwar um so schädlicher, je höher dieser Procentgehalt ist. Solche Cemente sind besonders deshalb gefährlich, weil, selbst bei höherem Magnesiagehalt, ihre treibenden Eigenschaften durch die übliche Prüfungsmethode nicht erkannt werden, vielmehr kaum früher als nach einem ½ Jahr durch genaue Messungen festgestellt werden können. (Bei den nicht gesinterten Roman-Cementen scheint selbst ein höherer Magnesiagehalt nicht schädlich zu sein.) Durch das Brennen und Sintern wird die Kohlensäure und das Wasser ausgetrieben, das Thonerde-Silikat aufgeschlossen und die Disposition für neue Verbindungen durch Umlagerung der Moleküle geschaffen, wobei dem Kalk gegenüber auch die Thonerde und das Eisenoxyd die Rolle von Säuren einnehmen. Ueber die beim Brennen, Abbinden etc. sich ergebenden Vorgänge s. Wochenbl. f. Bauk. 1887, S. 173. Die Erhärtung erfolgt hauptsächlich durch die Aufnahme von Kohlensäure durch die Verbindungen der Kalkhydrate mit der Kieselsäure, dem Eisenoxyd und der Thonerde. Die reinen Kalkhydrosilikate geben an der trockenen Luft leicht ihr Quellungswasser ab, schwinden daher bei zu grossem Wasserzusatz stark und bekommen alsdann Haarrisse. Schwefelsaure Salze und besonders die Magnesiasalze wirken auf die Portlandcemente in nachtheiliger Weise ein. Durch Ablagern wird der Portlandcement langsamer bindend; er ist jedoch hierbei sorgfältig gegen Feuchtigkeit zu schützen.

Cementmörtel bezw. Beton darf, wenn diese Materialien nicht an Widerstandsfähigkeit verlieren sollen, keiner höheren Temperatur als von 150° und zwar erst nach vollständiger Erhärtung ausgesetzt werden.

R. Dyckerhoff hat vergleichende Versuche zwischen Trass Puzzolan und Portlandcementmörtel angestellt und das Ergebniss in nachstehenden Tabellen zusammengefasst:

Mörtelmischung in Gewichtstheilen.	4 Wochen im Wasser erhärtet.		1 Woche Wasser, 3 Wochen Luft.	
	Zug.	Druck.	Zug.	Druck.
Portland-Cement 1:3 Rheinsand	22,1	242,0	38,4	318,0
« « 1:6 « + ½ Kalkhydrat	17,1	152,0	24,3	226,0
Puzzolan-Cement 1:3 Rheinsand	23,5	130,0	19,3	132,0
Trassmörtel, 1 Vol. Trass, 1 Vol. Kalk, 1 Vol. Rheinsand	10,7	77,6	11,2	81,6

Während hiernach die Erhärtungsweise zunächst im Wasser, später an der Luft für Portland-Cement sich sehr günstig erweist, ist dies beim Trassmörtel kaum noch der Fall und es tritt beim Puzzolan-Cement gerade das Gegentheil ein.

Die nachstehenden, mit zweierlei Qualitäten angestellten Proben

Cementsorte.	1 Cement:3 Sand.				1 Cement:1 Sand.			
	4 Wochen im Wasser.		1 Woche im Wasser, 3 Wochen Luft.		4 Wochen im Wasser.		1 Woche im Wasser, 3 Wochen Luft.	
	Zug. kg/qcm	Druck. kg/qcm	Zug. kg/qcm	Druck. kg/qcm	Zug. kg/qcm	Druck. kg/qcm	Zug. kg/qcm	Druck. kg/qcm
Portland-Cement I .	20,8	240,0	31,3	306,0	27,6	344,0	47,8	428,0
Puzzolan-Cement I .	21,2	142,0	15,0	152,0	25,1	184,0	20,9	210,0
Portland-Cement II	24,0	280,0	33,8	360,0	32,1	372,0	51,2	500,0
Puzzolan-Cement II	24,8	218,0	22,1	234,0	32,5	274,0	32,3	340,0

beweisen für die zu Grunde liegenden Mörtelmischungen, dass Puzzolan-Cemente von gleicher Zugfestigkeit mit Portland-Cementen bei Wassererhärtung in der Mischung 1:3 um 60—100 kg und in der Mischung 1:1 um 100—160 kg in der Druckfestigkeit hinter Portland-Cement zurückbleiben, ausserdem aber wie wenig geeignet Puzzolan-Cement für Lufterhärtung, also für die meisten Zwecke bei Hochbau-Ausführungen ist.

Bezüglich der Verminderung der Festigkeit durch die Einwirkungen des Frostes weisen die Mittheil. der Kgl. techn. Versuchsanstalten in Berlin, Jahrg. 1886, nach, dass nahezu alle mit Schlacken-

zumischung versetzten Cemente dem Einflusse des Frostes erlagen, siehe die nachstehende Zusammenstellung, worin die Verminderung in Procenten angegeben ist.

		Zugfestigkeit.		Druckfestigkeit.		
		1 : 0	1 : 3	1 : 0	1 : 3	
		%	%	%	%	
Von unvermischten Cementen	7 Tage	3,3—21,6	2,4—23,5	0,5—10,0	0,6—19,8	1
	28 «	0,4—11,5	0,1—33,1	0,8—10,3	1,5—31,2	2
V. Cementen m. 30% Schlacken-Zusatz	7 «	0,8—19,6	5,5—61,8	4,4—14,0	7,7—47,7	3
	28 «	5,4—18,6	20,7—43,8	3,2—13,8	16,3—58,1	4

Mörtelausbeute in hl:

1 hl Cement, 1 hl Sand, 55 Liter Wasser geben 1,5 hl Mörtel
1 « « 2 « « 80 « « « 2,3 « «
1 « « 3 « « 105 « « « 3,1 « «
1 « « 4 « « 130 « « « 3,85 « «

1 hl Cement, 5 hl Sand, ½ hl Kalkteig, 130 l Wasser geben 4,90 hl Mörtel
1 « « 6 « « 1 « « 135 « « « 6,00 « «
1 « « 7 « « 1 « « 160 « « « 6,80 « «
1 « « 8 « « 1½ « « 150 « « « 7,70 « «
1 « « 10 « « 2 « « 170 « « « 9,45 « «

Pro cbm Mörtel sind ca. 1,3 cbm trockene Materialien nothwendig. Die Bereitung von 1 cbm Cementmörtel erfordert bei Handarbeit ca. 0,7—1,0 t.

Eine Mörtelmaschine nach Art eines Kollergangs liefert bei 6 Pferdekräften pro Tag 50—60 cbm Mörtel; der cbm kostet sammt Amortisation der Anlagekosten 1 Mk. 40 Pfg. Eine Mörtelmaschine nach Art der Thonschneider liefert mit 1—2 Pferdekräften und 2—3 Mann Bedienung 20—30 cbm pro Tag und kostet 750 Mk. Ein um 900 Mk. erhältlicher Mischtrog liefert bei 14 Mann und mit 3 Pferdekräften 80 cbm, bei 25 Mann und 5 Pferdekräften 150 cbm pro Tag (bei 50^{m} Transportweite der einzelnen Rohstoffe).

Nach neueren Untersuchungen Dyckerhoff's über die Festigkeit und Preise von Portland-Cementmörteln mit Kalkzusatz ist nachstehende Tabelle zusammengestellt worden.

Mischung in Gewichtstheilen.	Festigkeit nach 28 Tagen kg/qcm: 4 Wochen im Wasser erhärtet. Zug.	4 Wochen im Wasser erhärtet. Druck.	1 Woche im Wasser, 3 Wochen an d. Luft. Zug.	1 Woche im Wasser, 3 Wochen an d. Luft. Druck.	Zu 1 cbm Mörtel sind erforderlich.	Preis von 1 cbm Mörtel, wenn 100 kg Cement 4,0 Mk., 100 kg hydraul. Kalk 1,5 Mk., und 1 cbm Sand 2,5 Mk. kosten.
1 Cement*) 5 Rheinsand ¼ hydr. Kalk	17,6	160,8	31,4	291,0	285 kg Cement, 1425 kg Sand (= 1020 l), 71 kg Kalkhydrat	15,02 Mk.
1 Cement*) 6 Rheinsand ½ hydr. Kalk	17,1	152,0	24,3	226,0	233 kg Cement, 1400 kg Sand (= 1000 l), 116 kg Kalkhydrat	13,56 «
1 Cement*) 8 Rheinsand ¾ hydr. Kalk	10,7	97,0	16,7	154,0	182 kg Cement, 1456 kg Sand (= 1040 l), 136 kg Kalkhydrat	11,92 «
1 Cement 10 Rheinsand 1 hydr. Kalk	9,2	67,0	10,8	94,0	148 kg Cement, 1480 kg Sand (= 1060 l), 148 kg Kalkhydrat	10,79 «

***) Der zu den Proben benutzte Cement wies 20,8 Normen-Zugfestigkeit nach 28 Tagen auf.**

Es geht hieraus hervor, dass man durch Kalkzusatz die vorzüglichen Eigenschaften der Portland-Cemente selbst bei Bauten mit geringeren Inanspruchnahmen auszunützen vermag. Dass auch die Zugfestigkeit eine sehr hohe ist, geht aus folgender Tabelle hervor:

Mörtelmischung in Gewichtstheilen.	Art der Erhärtung.	Zugfestigkeit in kg/qcm						
		1 Wch.	4 Wch.	13 Wch.	26 Wch.	1 Jahr.	1 1/2 Jahr.	2 Jahr.
1 Cement : 3 Sand. . .	Im Freien erhärtet	16,3	20,5	28,3	37,2	43,9	46,8	51,9
1 Cement : 6 Sand + 1/2 Kalkhydr.	desgl.	6,5	12,1	26,5	27,4	35,0	35,4	43,8

Die Druckfestigkeit des Portlandcementmörtels ist ca. 7 Mal grösser als seine Zugfestigkeit, und etwa um das Doppelte grösser als bei guten hydraulischen Kalken oder Romancementmörteln.

Beton*).

Die Festigkeit des Betons hängt hauptsächlich von der Güte des verwendeten Mörtels, sowie von der Festigkeit des Schottermaterials ab, welche nicht geringer als die des erhärteten Mörtels sein darf. Je mehr die Hohlräume des Schotters mit Mörtel ausgefüllt sind, desto härter wird die Betonmasse. Die letztere sollte also stets gestampft werden. (Bei dem geringwerthigen Romancementbeton muss des raschen Anziehens halber vom Stampfen abgesehen werden.) Wird mehr Mörtel verwendet, als zum Ausfüllen der gedachten Hohlräume erforderlich ist, so tritt keine wesentliche Vermehrung der Festigkeit des Betons, dagegen eine unmotivirte Erhöhung des Preises ein, anderntheils nimmt die Festigkeit desto mehr ab, je weniger die Hohlräume durch den Mörtel ausgefüllt werden. Ein nur aus Kies und Cement, also ohne Sandzusatz hergestellter Beton erreicht somit die Festigkeit eines mit Cementmörtel hergestellten Betons nicht.

Beim Beton ist nur soviel Mörtel zu verwenden, als das Maass seiner Hohlräume beträgt und sind ausserdem noch zur Umhüllung der Schotterstücke 15% des nach Vorstehendem ermittelten Mörtelquantums zuzusetzen. Um die wirkliche Ausbeute der Mischung von Mörtel mit Kies und Schotter zum Voraus zu bestimmen, sind die letzteren Materialien in ein wasserdichtes Gefäss zu schütten. Das Maass der Hohlräume ergibt sich durch das Maass des zu deren Ausfüllung erforderlichen Wasserzusatzes. Durch Stampfen des Betons wird das Maass der Hohlräume noch um ca. 20% verringert; bei schwachem Mörtelzusatz kann somit die Ausbeute noch unter den Kubikgehalt des verwendeten Schotters sinken. Kies enthält zuweilen 40—50% Hohlräume, namentlich wenn er sehr grob ist. Die Verwendung groben Kieses ist daher schon aus diesem Grunde nicht zu empfehlen. Gestampftes Kleingeschläg enthält je nach dem Durchmesser der Steine, welcher 4cm nicht überschreiten soll, noch 20—35% Hohlräume. Eine besonders dichte Masse ergibt sich bei der Mischung von Schlägelschotter mit Kies von je nicht über 4cm Korngrösse. In der Regel rechnet man auf 2 Raumtheile Steine 1 Raumtheil Mörtel. Hiernach, sowie aus den weiter unten aufgeführten Notizen über Mörtelberechnung sind die Voranschläge aufzustellen.

Betonbauten über Wasser sind nach ihrer Herstellung bei trockenem, und namentlich bei heissem Wetter mindestens 8 Tage lang satt anzunetzen, damit keine schädlichen Haarrisse in Folge von Verdunstung des im Beton gebundenen Wassers stattfinden können.

Das Minimalwasserquantum, unter das beim Anmachen von Portlandcementmörtel nicht herunter gegangen werden darf, beträgt 16% des Volumens des Cements, mehr als 30% Wasserzusatz ist nachtheilig, da hierdurch die Festigkeit erniedrigt wird.

Bei Betonbauten am Meer, welche ständig den Einflüssen von Salzwasser ausgesetzt sind, wie z. B. bei den Betonblöcken der Wellenbrecher, muss der Beton möglichst dicht (etwa aus 1 Cement, 2 Sand und 3 Kies bezw. Schotter) hergestellt und sehr stark gestampft werden. Beim Nordostseekanal ist ein Mischungsverhältniss von 2 T. Cement, 3 T. Sand und 5 T. Kies vorgeschrieben worden. Die betreffenden Beton-

*) Vergl. geb. Theil Monierconstructionen.

blöcke dürfen nirgends Risse zeigen, in welche das Salzwasser eindringen kann. Die Blöcke werden in möglichst grossen, nicht unter 4 t schweren Massen hergestellt.

Wird Beton, der mittelst Portlandcement hergestellt ist, gestampft so verringert sich sein Volumen um ca. 25%. 1 cbm Stampfbeton erfordert etwa 1,5 cbm trockene Mischungstheile. Zu 1 cbm Beton unter Wasser sind ca. 1,1—1,2 cbm Betonmasse nöthig. Sind $v_1 v_2 \ldots$ die Volumtheile der einzelnen Materialien, aus denen der Beton bestehen soll, und ist V die Summe aller dieser Volumtheile, so berechnen sich die Massen $m_1 m_2 \ldots$ der einzelnen Materialien pro cbm Stampfbeton aus $m_1 = 1{,}5 \frac{v_1}{V}$ etc.

Bei grösseren Quantitäten sind zur Verarbeitung etc. von 1 cbm Beton excl. Beistellung der Materialien 0,25—0,35 t. aufzuwenden, incl. der Materialbeifuhr im Mittel 1 t., bei Brückengewölben 1,25 t.

Bei geringeren Mengen sind einschliesslich Beifuhrkosten 1,8 t erforderlich, + 15% Zuschlag für Geräthe oder 20% Zuschlag, wenn der Schotter überdies noch gewaschen werden muss.

Eine Betonmaschine mit einer Trommel und 6 Pferdekräften liefert pro Stunde ca. 9 cbm, bei zwei Trommeln und 8 Pferdekräften ca. 12 cbm Beton. Letztere Maschinen liefern das bessere Product. Bei Verwendung von Handbetonmaschinen werden von 7 Arbeitern täglich ca. 28 cbm Beton geliefert. Bei der Anfertigung von Beton im Trocknen betragen die Kosten für Aufsicht und Geschirr ca. 8% der Gesammtkosten. Die Anfertigung und das Versenken von 1 cbm Beton unter Wasser incl. Schlammbaggern erfordert ca. 1,5—2,5 t, wobei auf das Versenken pro cbm etwa 0,6—0,9 t entfallen. Bei Betonirungsarbeiten in Kiel wurden mit 10 Senkkasten von je 0,75 cbm Inhalt im Durchschnitt täglich 110 cbm versenkt. Zum Versenken kleinerer Massen eignen sich Kasten von nur 0,04 cbm Inhalt, die an Stangen hinabgelassen werden. 8 Arbeiter versenken damit täglich 12—13 cbm Beton. Wird Beton in Säcken aus starker, getheerter Leinwand versenkt, welche etwa 150 l fassen, so sind zum Versenken von 1 cbm ca. 0,7 t erforderlich.

Beton, dessen Inanspruchnahme auf Druck, wie z. B. in Fundamenten, nur eine mässige und der im Trockenen einzubringen ist, wird mit ca. 10—20 kg schweren Steinen gemengt derart hergestellt, dass die lagerhaften und rauh bearbeiteten, zuvor sauber zu reinigenden und anzunetzenden Steine in das Betonbett senkrecht zur Druckrichtung eingelegt werden, so dass sie beim nachherigen Einstampfen mit einem Holzstämpfel in die Masse sich nicht drehen und ein sattes Lager erhalten. Die unterste, ca. 40cm hohe Betonlage ist hierbei ohne diesen Steinzusatz herzustellen, welcher je nach der Beschaffenheit des Bauwerks bis zu 30—50% der Gesammtmasse betragen darf.

Folgende Mischungen geben nach Dyckerhoff dichte Betonmassen, s. Tab. 1, wobei das Mischungsverhältniss nach dem Maass festgesetzt und Kies von 5—45mm Korngrösse verwendet wurde. 100 l Kies, welche 35 l Hohlräume hatten, wogen 164 kg. 100 l Steinschlag hatten 50 l Hohlräume. Das hl Cement wog 140 kg. Bei Verwendung von Cement, welcher nach der Normenprobe 16,3 kg Festigkeit nach 1 Stunde Bindezeit aufwies, ergaben sich die Festigkeiten von Probewürfeln, welche 1 Tag an der Luft und 27 Tage unter Wasser erhärteten, wie in der Tabelle 2.

Tabelle 1.

Cement.	Sand.	Kies od. Steinschlag.
1	2	4 « 3
1	3	6 « 4,5
1	4	8 « 6
1	5	10 « 7,5
1	6	12 « 9

Tabelle 2.

Cement.	Kalkteig.	Sand.	Kies.	Druckfestigkeit in Kilogr. pro qcm.	Cement.	Kalkteig.	Sand.	Kies.	Druckfestigkeit in Kilogr. pro qcm.
1	—	2	—	151,8	1	—	3	6,5	108,2
1	—	2	3	196,2	1	—	4	—	75,2
1	—	2	5	170,5	1	—	4	5	90,9
1	—	—	5	69,9	1	—	4	8,5	86,0
1	—	3	—	98,8	1	1	6	—	53,5
1	—	3	5	111,6	1	1	6	12	52,1

Digitized by Google

Hieraus ist der Einfluss des mangelnden Sandzusatzes auf die (verminderte) Festigkeit, die Gleichwerthigkeit von Cementmörtel und von Beton bei richtiger Mischung des letzteren und beim Stampfen und die ökonomische Mischung von Mörtel und Kies zu ersehen. Eine Verminderung des Kieszusatzes unter die Sätze in Tabelle 1 ist unökonomisch. Wenn man mit einem gegebenen Mörtel vortheilhaft arbeiten will, so darf angenommen werden, dass der Kieszusatz etwa das Doppelte des Sandzusatzes in ersterem betragen darf. Bei weiteren praktischen Versuchen, theilweise auch mit Schotter mit 50% Hohlräumen ergab sich

Tabelle 3.

Mischungsverh. in hl.			Ausbeute in hl des Stampfbetons.	Pro cbm Stampfbeton Cementverbrauch in kg	Druckfest in kg pro qcm nach 7 Monaten.
Cement.	Sand.	Kies.			
1	2	4	4,4	320	—
1	3	6	6,65	210	140,0
1	4	8	8,85	160	121,2
1	5	10	11,25	125	94,1
1+ 1 Theil Kalkteig	6	12	13,45	105 + 75[l] Kalkteig.	96,8
	Kiessand.	Geschläg.			
1	5	8 Basalt.	9,80	142,5	147,9
1	6	10 Kalksteine.	11,45	122,0	121,0
1	7	11 Sandsteine.	12,55	112,0	83,0
1+ 1 Theil Kalkteig.	8	13 «	14,80	94,0 + 66[l] Kalkteig.	91,2

Hierbei bestand der Kiessand aus gleichen Theilen Sand und Kies bis 18[mm], der Rheinsand bis 5[mm], der Rheinkies von 5—45[mm] Korngrösse.

Unter gewöhnlichen Verhältnissen, jedoch bei sorgfältiger Herstellung des Betons ist die Druckfestigkeit (s. Columne 6) um ca. 10% niedriger anzunehmen, da die obiger Tabelle zu Grunde liegenden Arbeiten unter besonders günstigen Verhältnissen ausgeführt wurden.

Gewicht des Betons bei Ziegelsteinschotter 1,5—1,8 Tonnen, bei Bruchsteinschotter 2,0—2,5 Tonnen pro cbm.

Wasserdichte Cementmörtelüberzüge (Bestiche).

Wasserdichte Cementmörtelüberzüge ergeben sich aus 1 Th. Portlandcement und 1 Th. Sand in einer Stärke von 15—20[mm]. Auch 1 Th. Portlandcement, 0,5 Th. Kalkteig (aus feinem gepulvertem Aetzkalk) und 2 Th. Sand oder 1 Cement, 1 Kalkteig und 3 Sand ergeben bei gleicher Stärke und noch bei 5[m] Wasserdruck dichte Ueberzüge. Wird von dem Mörtel nicht sofortige Wasserdichtigkeit verlangt, so kann man bei den angegebenen Mischungen etwa 1 Theil mehr Sand anwenden. Gewöhnlicher schwarzer Kalk ist als Zusatz nicht verwendbar. Romancement ist ganz auszuschliessen, weil der Ueberzug rissig wird.

Reine Cementüberzüge erhalten wegen des Schwindens Haarrisse, je grösser der Sandzusatz im Mörtel ist, desto geringer ist die Gefahr des Rissigwerdens der Ueberzüge. Auch durch kleine (quadrirte u. dergl.) Einschnitte, z. B. in den Cementtrottoirs, werden die Spannungen geringer; das Rissigwerden wird schon bei Mörteln von 1 Th. Cement und 2—3 Th. feinen Sand vermieden, wobei sich ganz glatte Verputzflächen noch ergeben.

Das lagenweise Aufbringen von Cementmörtelschichten giebt namentlich bei senkrechten Wandflächen zu Abblätterungen Anlass.

Ein 2,5[cm] starker Ueberzug, wie oben beschrieben, kommt durchschnittlich auf 1,80—2 Mark pro qm zu stehen; der Arbeitsaufwand allein auf 0,1—0,085 Maurer- und 0,025 Handlangertagschichten.

Zum Färben der Cemente werden nachstehende, möglichst fein gemahlene Farben verwendet: Für Schwarz 12% Braunstein, für Blau 5% Ultramarinblau, Gelb und Braun 6% Ocker, Roth 6% Caput mortuum, Grün 6% Ultramaringrün.

Digitized by Google

Die Wahl der Gründungsart

ergiebt sich nach Brennecke (s. D. Bauztg. von 1882, S. 602) aus nachstehender Tabelle:

1. und 2. Bodenklasse		3. Bodenklasse			4. Bodenklasse.		5. Bodenklasse.
$t \leqq 4^m$.	$t > 4^m$.	$t \leqq 4^m$.	$t > 4^m$. $< 8^m$.	$t > 8^m$.	$t \leqq 6^m$.	$t > 6^m$	
Beton- oder Brunnengründung.	Brunnengründung.	Beton- oder Brunnengründung.	Brunnen mit Luftdruckgründung vereinigt	reine Luftdruckgründung.	Brunnengründung mit Luftdruckgründung oder reine Luftdruckgründung.		reine Lufdruckgründung.

Die erste Bodenklasse besteht aus Sand- oder Lehmboden ohne hindernde Einschlüsse, die zweite aus solchem mit einzelnen nicht grossen Steinen oder Holzstücken, bei der dritten kommen solche Hindernisse häufig, bei der vierten in grosser Menge vor, unter der fünften endlich ist ein solcher Boden verstanden, welcher Felsblöcke, Baumstämme und dergleichen enthält.

Die Grundfläche für Senkkastenfundamente pflegt durchschnittlich um 50% bezw. 40% geringer zu sein, als die von reinen Betonfundamenten bezw. von solchen mit Grundpfählen.

Bei Luftdruckgründungen von $13{,}6^m$ Tiefe kam der cbm Fundament auf 106 Mk., bei einer 6^m tiefen Betonfundation zwischen Spundwänden auf 116 Mk., desgleichen mit Zuhilfenahme von Grundpfählen und $7{,}15^m$ Tiefe auf 121,3 Mk., endlich bei einer Senkbrunnenfundation von $6{,}73^m$ Tiefe auf 86,6 Mk. zu stehen, wobei bei der Luftdruck- und Senkbrunnengründung die Grundfläche G des Senkkastens bezw. die der Brunnen pro Pfeiler multipl. mit dem Abstand t dieser Fläche vom niedersten Wasserspiegel, bei der Betongründung die Grundfläche G des Pfeilermauerwerks auf dem Beton und als Tiefe t, bei der Betongründung zwischen Spundwänden der Abstand der Betonsohle vom niedersten Wasser $+ 1{,}0^m$, bei der Betongründung mit Pfahlrost derselbe Abstand $+ \frac{2}{3}$ der Rostpfahllänge von der Betonsohle bis zur Pfahlspitze anzunehmen ist.

Bei der Luftdruckgründung vermindern sich die Kosten mit zunehmender Tiefe und Pfeilerzahl ziemlich erheblich, da die Beschaffung der Geräthe ca. 30% der gesammten Gründungskosten zu beanspruchen pflegt. Die Verringerung der Kosten mit der Pfeilerzahl trifft auch bei den übrigen Gründungsarten, jedoch in viel geringerem Maasse zu, dagegen wachsen bei den letzteren die Kosten mit zunehmender Tiefe ziemlich erheblich. Beim Bau der Wehre von Coudray und Evry, wobei die Fundamenttiefe $5{,}6—6^m$ betrug, und eiserne Senkkasten, an Schrauben aufgehängt, versenkt worden sind, wobei ferner der obere Theil der ersteren nach Vollendung der Luftdruckgründung wieder abgenommen und schlechter mit grossen Steinen durchsetzter Baugrund angetroffen wurde, kam der cbm Mauerwerk auf 118,7 Mk. bezw. auf 87,4 Mk. zu stehen. Es ist jedoch die eigentliche Steinhauerarbeit nicht inbegriffen. Bei 3 anderen, etwas schmäleren, mit Fangdämmen und Betonschüttung hergestellten Wehren kam der cbm Mauerwerk bei gleicher Tiefe auf ca. 100 Mk. zu stehen.

Die Senkkastengründung ist der Betongründung mit oder ohne Pfahlrost bei $6—7^m$ aus Billigkeitsgründen und namentlich auch deshalb vorzuziehen, weil die erstere sich rascher ausführen lässt und vom Hochwasser und anderen Zufälligkeiten weniger abhängig ist.

Nach den Erhebungen bei den Gründungen der Berliner Stadtbahn empfiehlt sich bei Sandboden in der Regel bis zu 3^m Tiefe directes Mauern ohne Spundwände bezw. bei höherem Grundwasserstand zwischen Spundwänden mit Sohlstücken. Bei Tiefen von $3—7^m$ sind Fun-

Digitized by Google

dationen auf Beton zwischen Spundwänden oder mittelst Brunnen annähernd gleich vortheilhaft, während der Pfahlrost von 7m Tiefe an billiger wird.

Die Brunnen wurden hier bei den im Flussbett aufgeführten Pfeilern auf kleinen, zwischen leichten Spundwänden angeschütteten Sandinseln aufgesetzt und von diesen aus die Absenkung vorgenommen. Der Zwischenraum zwischen Spundwand und Brunnen betrug bei 3m Wassertiefe 1,0m; dieser Streifen dient sowohl zum Schutz gegen das Einbrechen des Wassers, als auch zum Aufstellen des Baggers.

XVI. Brückenbau*).

Von A. W. Meyer, Eis.-Bau- u. Betr.-Inspektor.

1. Gewölbte Durchlässe.

Form des Gewölbes: Bis 2,5m Spannweite Halbkreisgewölbe oder Segmentgewölbe mit 1/3—1/4 Pfeil, bei grösseren Weiten ist die Form des Gewölbes der Drucklinie anzupassen und zwar, um das Gewölbe mit kleinster Materialmenge zu erhalten, in der Art, dass die Drucklinie in Folge von Eigengewicht und voller Belastung durch die halbe Verkehrslast mit der Gewölbmittellinie zusammenfällt. Die Stützlinie für einseitige Gesammtlast muss innerhalb der Kernlinien bleiben, wobei der zulässige Druck an keiner Stelle überschritten werden darf.

Stärke des Gewölbes und der Widerlager.

Bezeichnungen in Metern:

d Gewölbstärke im Scheitel,
d_0 « am Kämpfer,
l Lichtweite,
w mittlere Stärke des Widerlagers,
f Pfeil,
h Widerlagshöhe über Fundamentabsatz,
h_0 Ueberschüttungshöhe des Gewölbes, reducirt auf Mauerwerkshöhe,
r Halbmesser der inneren Wölblinie,
R « « äusseren «
1 : n Neigung der Rückenfläche der Widerlager;

a) für Halbkreisgewölbe:

$d = 0{,}25 + 0{,}05\ l$ für Ziegel,
$d = 0{,}25 + 0{,}025\ l$ für Hausteine,
$w = 0{,}3 + 0{,}2\ l + 0{,}17\ h$;

b) für Segmentgewölbe:

$h < 1{,}5^m$

Haustein:	Bruchstein:	Ziegel:
$d = 0{,}40 + 0{,}025\ r$	$0{,}48 + 0{,}031\ r$	$0{,}43 + 0{,}028\ r$

$h > 1{,}5^m$

Haustein:	Bruchstein:	Ziegel:
$d = 0{,}45 + 0{,}030\ r$	$0{,}55 + 0{,}037\ r$	$0{,}51 + 0{,}031\ r$

$$w = 0{,}3 + \frac{l}{8}\left(\frac{3l - f}{l + f}\right) + 0{,}17\ h.$$

Die Höhe der Uebermauerung über dem Punkte, in welchem die Bruchfuge die äussere Wölblinie schneidet:

$i = 0{,}15 + 0{,}03\ l$, gewöhnlich ist $i = 0{,}3^m$.

Die Bruchfuge schliesst mit dem Horizont einen Winkel von etwa 30° ein.

Abmessungen der Durchlässe der Gotthardbahn.

Segmentgewölbe. $\frac{f}{l} = \frac{1}{3{,}5}$.

---

*) Von Herrn Regierungsbaumeister Stäbler in Stuttgart wurden in dankenswerther Weise verschiedene werthvolle Mittheilungen für diesen Artikel der Redaction eingesandt.

Gewölbe.					Widerlager.	
l	r	R	d	d_0	Kämpferstärke.	1 : n
2	1,16	1,84	0,47	0,57	1,05	1/6
3	1,74	2,55	0,52	0,66	1,25	1/6
4	2,32	3,27	0,58	0,74	1,45	1/6
5	2,90	3,92	0,64	0,83	1,65	1/6
6	3,48	4,62	0,70	0,92	1,85	0,15
7	4,06	5,31	0,75	1,00	2,00	0,15
8	4,64	5,94	0,78	1,04	2,20	0,15
9	5,22	6,57	0,81	1,09	2,35	0,15
10	5,80	7,21	0,84	1,13	2,50	0,16

Preise. L = Länge von Stirn zu Stirn in m.

Lichtweite. m	Höhe. m	Gesammtkosten. M.	Lichtweite. m	Höhe. m	Gesammtkosten. M.
1,0	1,0	500 + 110 L	2,0	2,0	1000 + 200 L
1,0	1,5	750 + 140 L	2,0	2,5	1200 + 250 L
1,25	1,3	700 + 130 L	2,5	2,0	1100 + 230 L
1,5	1,5	800 + 150 L	2,5	2,5	1500 + 260 L
1,5	2,0	850 + 170 L			

2. *Gewölbte Brücken.*

Belastung.

a) **Eigenlast:**
für Strassenbrücken bei Chaussirung 600 kg pro qm
« « « Pflasterung 1000 « « «
« Eisenbahnbrücken . . . . . 1100 « « «

b) **Verkehrslast:**
für Strassenbrücken . . . . 300—500 kg pro qm
« Eisenbahnbrücken
p = Belastung in t pro qm.

Hauptbahnen: $p = 1{,}24 + \frac{6{,}8}{l}$. Normalspurige Nebenbahn: $p = 0{,}96 + \frac{5{,}2}{l}$. Nebenbahn mit 1,00 m weiter Spur: $p = 0{,}82 + \frac{8{,}1}{l}$; mit 0,75 m Spur $p = 0{,}58 + \frac{5{,}0}{l}$.

Stärke des Gewölbes.

Scheitelstärke der Gewölbe, deren Mittellinie bei gleichmässiger Belastung und halber Verkehrslast mit der Stützlinie zusammenfällt und deren Pressung $\leq s$ in kg (qcm) ist; k = Verkehrslast in Mauerwerkshöhe; γ' = Gewicht von 1 cbm Mauerwerk in t

Haustein:	Ziegel:	Bruchstein:
$d = 0{,}21\sqrt{r}$	$0{,}23\sqrt{r}$	$0{,}26\sqrt{r}$

Wird das Gewölbe bis zum Fundamente durchgeführt, so kann man setzen:

$d = 0{,}16\sqrt{r}$ $\quad$ $0{,}17\sqrt{r}$ $\quad$ $0{,}20\sqrt{r}$

nach Tolkmitt $\quad$ I. $d \geqq \frac{0{,}5\ k\ f}{d + h_0 + 0{,}5\ k + 0{,}15\ f}$

II. $d \geqq 0{,}014 \frac{\gamma'}{s} \frac{l^2}{f} (d + h_0 + 0{,}5\ k + 0{,}2\ f)$

Beide Bedingungen müssen erfüllt sein; die erste, damit die Stützlinie bei einseitiger Belastung im mittleren Gewölbdrittel bleibt; die zweite, damit s im obigen Sinne nicht überschritten wird. Grösste Pressung im Gewölbe höchst. = 2s

Gewölbeschub $H = \frac{l^2}{16}\left[\frac{z_0}{f} + \frac{1}{8} + \frac{8\,d\,z_0}{l^2} + \sqrt{\left\{\frac{z_0}{f} + \frac{1}{8} + \frac{8\,d\,z_0}{l^2}\right\}^2 + \frac{32\,d\,z_0}{l^2}}\right.$

worin für volle Belastung $z_0 = d + h_0 + k$

und für einseitige Belastung mit k; $z_0 = d + h_0 + \frac{k}{2}$ zu setzen ist

Die Kämpferstärke $d_0 = \frac{d}{\cos\varphi}$.

Nach Winkler . . $d = \alpha + \frac{\gamma\, r\,(h_0 + p)}{k - \gamma\,(r + h_0 + p)}$

$$d_0 = \alpha + \frac{(h_0 + p + d + 0{,}265\,f)\,r - 0{,}118\,f^2}{\frac{k}{\gamma} - (h_0 + p) - 0{,}93\,f}$$

wo γ Gewicht pro cbm Gewölbe in t, k zulässige Pressung in t pro qm, r Halbmesser der inneren Leitung in m, α Constante je nach dem Material zu wählen, da vom Gewölbe eine äussere Zone durch Verwitterung tragunfähig wird.

Nach Perronet . für $l < 16^m$: $d = 0{,}035\,l + 0{,}33^m$,

« $l = 16 - 32^m$: $d = \frac{l}{24}$,

« $l > 32^m$: $d = 0{,}021\,l + 0{,}67^m$,

nach Dupuit . . « Halbkreisgewölbe $d = 0{,}20\sqrt{l}$,

« Segmentgewölbe . $d = 0{,}15\sqrt{l}$.

Neuere französische Formel: $d = 0{,}035\,(l - 10) + 0{,}4^m$.

Stärke der Widerlager.

Basisstärke des Standwiderlagers

$$w = \sqrt{l}\left[0{,}6 + m\left(\frac{l}{f} - 2\right) + 0{,}04\,h\right],$$

worin für Stichbogen $m = 0{,}10$ und für Korbbogen $m = 0{,}05$ zu setzen ist.

Zerlegt man die Mittelkraft R aus dem Kämpferdrucke K und dem Gewichte G des unbelasteten Widerlagers in die senkrechte Seitenkraft S und die waagrechte Seitenkraft W, dann muss sein

$$W \leqq 0{,}7\,S.$$

Bezeichnet (in m) a den Abstand des Angriffspunktes des Druckes R von dem Mittelpunkte einer Fuge, b die Stärke des Widerlagers, so ist die Belastung auf 1 qm

1) wenn $a < \frac{b}{6}$ ist: $k = \frac{S}{b}\left(1 + \frac{6\,a}{b}\right)$,

2) wenn $a > \frac{b}{6}$ ist: $k = \frac{S}{0{,}75\,b - 1{,}5\,a}$.

Pfeilerstärke.

Mittelpfeiler nach Perronet . $b = 0{,}08\,l + 0{,}76^m$,

Gruppenpfeiler « Perronet . $b = 0{,}3 + \frac{1}{6}\,h + \frac{1}{8}\,\frac{3\,l - f}{l + f}$,

Vortheilhafteste Anzahl der Gruppenpfeiler

$$n = \sqrt{\frac{k_1}{k_2} \cdot \frac{l}{b\,.\,d}} - 1,$$

worin l die Gesammtlänge des Viaductes, b die Breite, k_1 Baukosten pro qm Ansichtsfläche, wobei die Oeffnungen voll gerechnet werden, k_2 die Kosten von 1 cbm Mauerwerk und d die Mehrstärke eines Gruppenpfeilers in m gegenüber einem Mittelpfeiler bezeichnen.

Bezeichnet b die Breite der Brücke in m, K die Kosten eines Mittelpfeilers in Mark, k die eines cbm Gewölbmauerwerks in Mark, so wird die vortheilhafteste Spannweite l der Einzelöffnungen für Halbkreisbogen

$$l = \sqrt{\frac{K}{0{,}16\,b\,.\,k}}$$

für Stichbogen mit dem mittleren Pfeilverhältniss von $\frac{1}{7}$

$$l = \sqrt{\frac{K}{0{,}137\,b\,.}}$$

Abmessungen ausgeführter Brücken.

	Spannweite.	Pfeilverhältniss.	Scheitelstärke.	Höhe des Pfeilers.	Pfeilerstärke in Kämpferhöhe.
A. Halbkreisgewölbe.	m		m	m	m
Strassenbrücken.					
Brücke bei Maligny	26	1/2	0,92	15	3,09
Têtes-Brücke über die Durançe	38	1/2	1,52	—	—
St. Sauveux-Brücke	42	1/2	1,45	—	—
Céret-Brücke	45	1/2	1,62	—	—
Eisenbahnbrücken.					
Viaduct von Veyriere	8	1/2	0,7	15	1,6
« « Sarlon	10	1/2	0,8	20	2
« « Antérieux	12	1/2	0,85	13,4	2,4
« « Aiguille	14,2	1/2	0,9	12	2,94
« « Passadou	15	1/2	1	25,2	2,9
Aulne-Viaduct	22	1/2	1,2	33,3	4,8
Marne-Brücke bei Nogent	50	1/2	1,8	—	—
B. Kreis-Segmentgewölbe.					
Strassenbrücken.					
Elisabeth-Brücke bei Wien	13,28	1/7	1,52	6,6	3,16
Neckar-Brücke bei Cannstadt	19	1/10	1	4,2	2,5
Themse-Brücke	22,56	1/10	0,9	5,5	2,7
Betonbrücke bei Erbach	25,0	1/10	0,5	—	—
Jena-Brücke in Paris	28	1/8,5	1,44	7,0	3,0
Murgbrücke bei Heselbach	33,4	1/8,6	0,6	—	—
Invaliden-Brücke in Paris	31,6	1/9	1,20	5,0	4,5
Nagoldbrücke bei Teinach	33	1/10	1,0	—	—
Fella-Brücke	34	1/7	1,20	—	—
Nydeck-Brücke in Bern	48	1/2,5	1,80	—	—
Dee-Brücke bei Chestre	61	1/5	1,22	—	—
Eisenbahnbrücken.					
Marien-Brücke bei Dresden	10,8	1/4,5	0,60	3,8	2,10
Etsch-Brücke in Verona	12,5	1/6	0,90	6,2	3
Königstrasse-Unterführung in Hannover	16	1/7,4	0,65	—	—
Weser-Brücke (Köln-Mindener Bahn)	19	1/6	1,1	7,7	3
Warthe-Brücke bei Wrenke	23,2	1/2,6	1,4	5,6	3,1
Brücke von Roanne	28	1/8	1,2	5,8	3
Napoleon-Brücke in Paris	34,5	1/7,7	1,2	4,8	4
Pont du Castalet	41,2	1/2,94	1,25	—	—
« Antoinette	50,0	1/3,145	1,50	—	—
« du Diable	55	1/4,06	2,0	—	—
« de Lavaur	61,5	1/2,24	1,65	—	—

Beanspruchung ausgeführter Brücken.

	Spannweite.	Beanspruchung.
Dora-Brücke in Turin	**45 m**	**25 kg pro qcm**
Claix-Brücke	**50 «**	**21 « « «**
Concordia-Brücke in Paris	**29 «**	**17 « « «**
Trinitatis-Brücke in Florenz	**29 «**	**16 « « «**
Neuilly-Brücke	**39 «**	**13 « « «**
Nagoldbrücke bei Teinach	**33 «**	**29,3 « « «**
Murgbrücke bei Heselbach	**30,4 «**	**45 « « «**
Alma-Brücke	**43 «**	**12,5 « « «**
Belle-Alliance-Brücke in Berlin	**18,5 «**	**10 « « «**
Brücken der Berliner Stadtbahn	**10—15 «**	**9—10 « « «**
Brücke bei Cannstadt	**27 «**	**10 « « «**
Neuere französische Viaducte	**— «**	**5—7 « « «**
Betonbrücke bei Erbach	**25 «**	**29 « « «**

Preise (nach Osthoff). l = Länge in m.

Lichtweite.	Höhe.	Preis in Mark.	Lichtweite.	Höhe.	Preis in Mark.
3,0	3,0	1200 + 450 l	8	8	2200 + 1550 l
3,0	3,5	1300 + 500 l	9	5	2000 + 1800 l
3,5	3,5	1350 + 600 l	9	10	2500 + 2050 l
3,5	4,0	1450 + 650 l	10	6	2200 + 2200 l
4	4	1500 + 750 l	10	12	2700 + 2450 l
5	5	1750 + 1000 l	12	6	2400 + 2400 l
6	5	1800 + 1100 l	12	15	3300 + 2850 l
7	6	1950 + 1250 l	15	8	2800 + 2800 l
7	7	2050 + 1300 l	15	15	3500 + 3150 l
8	6	2000 + 1450 l			

Grosse Viaducte für 2 Gleise kosten für 1 qm Ansichtsfläche 150 bis 200 Mk. und für 1 cbm Mauerwerk 20—40 Mk.

Bei der von Rheinhard eingeführten Gewölbe-Bauweise, wobei grössere Bruchsteine auf der Schalung im Verband mit weiten Fugen aufgestellt und letztere mit Portlandcementmörtel ausgestampft werden (s. Centralbl. d. Bauverw. v. 1887), kommt der qm Strassenbrücke bezogen auf die sichtbare Leibungsgrundfläche bei kleineren Spannweiten von 7—13^{m} auf etwa 55 Mk., desgl. bei 15^{m} Spannweite auf 60—90 Mk. zu stehen, bei einem Selbstkostenpreis der rauhen Bruchsteine von 6 Mk. pro cbm auf der Baustelle. Die Scheitelstärke beträgt hierbei bis zu 15^{m} Spannweite 0,35—0,4^{m}.

Betongewölbe*).

Der Theorie nach sind die Betongewölbe ein Mittelding zwischen eingespanntem Bogen und einem an den Auflagern frei beweglichen Bogen.

Im Allgemeinen bieten die gebräuchlichsten Formeln für elastische Bogenträger genügende Sicherheit, wenn der Anstrengungscoëfficient bei Beton vom Mischungsverhältniss 1:8 etwa zu 15 kg, desgl. bei einer Mischung 1:6 zu 25 kg für 1 qcm, sowie die Verwendung von Schlägelschotter von nicht über 4^{cm} Grösse angenommen wird.

Versuche von Dyckerhoff haben gezeigt, dass Betongewölbe von constanter Stärke sich bei gleichmässiger Belastung tragfähiger erwiesen als solche mit im Scheitel stärkerem Querschnitt. Nur in solchen Fällen, wo eine Drehung resp. Verschiebung der Auflager zu befürchten ist, ist eine Verstärkung im Scheitel vortheilhaft, da alsdann bei Bögen von constantem Querschnitt die Bruchfuge nicht in den Kämpfer, sondern in den Scheitel fällt.

Nennt man P die ganze Bruchbelastung einschl. Eigengewicht, l und f die Spannweite bezw. Pfeilhöhe der Bogenmittellinie, h die Bogenstärke, b die Bogenbreite, Q den Horizontalschub, K die Max.-Beanspruchung im Scheitel, so lässt sich für den eingespannten Bogen angenähert setzen

$$Q = \frac{Pl}{8.f}\left(1 - \frac{h^2}{f^2}\right); \quad K = \frac{Pl}{8.f.h.b}\left(1 - \frac{h^2}{f^2} + \frac{2h}{f}\right)$$

und für den Bogen mit zwei Gelenken

$$Q = \frac{Pl}{8f}\left(1 - \frac{h^2}{6f^2}\right); \quad K = \frac{Pl}{8.f.h.b}\left(1 - \frac{h^2}{6f^2} + \frac{h}{f}\right).$$

3. Hölzerne Brücken.

Für die hölzernen Brücken wird meistens Nadelholz verwandt, Eichenholz für die Theile, welche nur Druck auszuhalten haben, dann für Joche und Stützen und für alle im Wasser liegenden Theile. Für Bohlenbelag ist Buchenholz zu empfehlen. Nadelholz hat im Trocknen eine Dauer von 15—20 Jahren, Eichenholz von 30—40 Jahren.

Balkenbrücken, aus einfachen Holzbalken bestehend, werden für Spannweiten von 1—8^{m} hergestellt. Bei Eisenbahnbrücken geht man mit einfachen Balken nicht über 3^{m} hinaus. Das vortheilhafteste Verhältniss von Höhe und Breite der Balken ist $\sqrt{2} : 1 = 7 : 5$. Stärke der Balken 20 × 24—30 × 36^{cm}.

*) Vergl. geb. Theil Monierconstructionen.

Digitized by Google

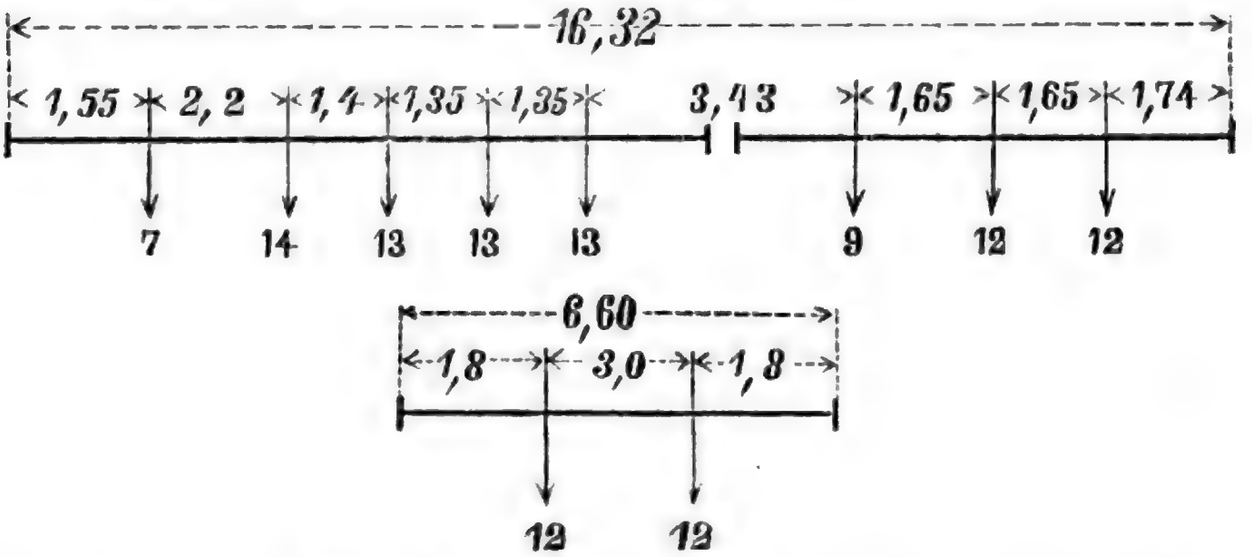
Abstand von Mitte zu Mitte der Balken 0,75—0,96^{m}. Die Fahrbahn wird gebildet aus einem doppelten Belag von 5—7^{cm} starken kiefernen oder eichenen Bohlen oder aus einem einfachen Bohlenbelag von 8^{cm} Stärke und darüber liegender Chaussirung oder Pflasterung. Für grössere Brücken werden 2—4 Balken übereinander gelegt und durch Verzahnung oder besser durch Verdübbelung und Schrauben mit einander verbunden. Zwei verdübbelte Balken von je 18—26^{cm} Stärke und 25—35^{cm} Höhe genügen für Spannweiten von 3—15^{m}. Bei vier Balken kann man mit der Spannweite bis zu 25^{m} gehen. Die Dübbel sind 3—5^{cm} hoch und in der Mitte 10—15^{cm} breit. Die Entfernung der Dübbel, welche von der Mitte nach dem Auflager hin abnimmt, beträgt 0,3—1,0^{m}. Die Stärke der Schraubbolzen beträgt 1,5—2,5^{cm}.

4. Eiserne Brücken.

a) Eisenbahnbrücken.

Die Belastung setzt sich aus Verkehrslast und Eigengewicht der Brücke zusammen. Ausserdem sind noch der Winddruck und erforderlichen Falls die Fliehkraft, Einfluss des Bremsens und der Wärmeveränderung zu berücksichtigen. Die durch die Steifigkeit der Knotenpunkte und durch den festen Anschluss der Längsträger an die Querträger und der letzteren an die Hauptträger hervorgerufenen Nebenspannungen brauchen in der Regel nicht in Rechnung gestellt zu werden.

A. Verkehrslast. Man nimmt einen Zug an, der aus 2 mit den Schornsteinen aneinander gestellten Lokomotiven und angehängten Güterwagen mit nachstehenden Achsbelastungen (t) und Radständen (m) besteht.



Bei kleineren Brücken (L < 3,3^{m}) und bei Quer- und Schwellenträger sind 1 Achse mit 16 t Belastung, sowie 2 Achsen mit je 14 t Belastung und 1,4^{m} Abstand anzunehmen, falls hierdurch höhere Beanspruchung als durch die obige Lokomotive hervorgerufen werden.

Die grössten Biegungsmomente und Querkräfte können bei Brücken mit frei aufliegenden Enden aus nachstehenden Zahlenreihen entnommen werden. Die dazwischen liegenden Stützweiten sind gradlinig einzuschalten.

a. Biegungsmomente M_{max} in mt bei der Stützweite L in m für 1 Gleis.

L	M_{max}	L	M_{max}	L	M_{max}	L	M_{max}
1,0	4,0	3,5	16,4	14,0	170	40,0	1150
1,2	4,8	4,0	21,4	16,0	213	45,0	1420
1,4	5,6	4,5	26,4	18,0	260	50,0	1710
1,6	6,4	5,0	31,4	20,0	310	60,0	2320
1,8	7,2	6,0	44,2	22,0	366	70,0	3000
2,0	8,0	7,0	57,4	24,0	435	80,0	3740
2,2	8,8	8,0	71,4	27,0	548	90,0	4540
2,4	9,6	9,0	86,2	30,0	669	100,0	5440
2,6	10,4	10,0	101	33,0	798	120,0	7440
2,8	11,2	12,0	132	36,0	942	140,0	9800
3,0	12,3						

Die Curve der grössten Momente M_x in der Entfernung x vom Auflager kann genau genug aus zwei Parallelstücken und einer 0,12 L langen Zwischengeraden gebildet werden. M_x findet man aus nachstehender Zahlenreihe.

$\frac{x}{L}$	$\frac{M\,x}{M_{max}}$	$\frac{x}{L}$	$\frac{M\,x}{M_{max}}$	$\frac{x}{L}$	$\frac{M\,x}{M_{max}}$	$\frac{x}{L}$	$\frac{M\,x}{M_{max}}$
0,00	0,000	0,14	0,535	0,28	0,868	0,40	0,992
0,02	0,089	0,16	0,595	0,30	0,899	0,42	0,998
0,04	0,174	0,18	0,651	0,32	0,926	0,44	1,000
0,06	0,254	0,20	0,703	0,34	0,948	0,46	1,000
0,08	0,331	0,22	0,750	0,36	0,967	0,48	1,000
0,10	0,403	0,24	0,793	0,38	0,981	0,50	1,000
0,12	0,471	0,26	0,833				

b) Querkräfte. Für einen x vom linken Aufleger entfernten Schnitt entsteht die grösste Querkraft, wenn die Brücke rechts vom Schnitt von der Länge $l = L - x$ voll belastet ist. Die Querkräfte Q_x für 1 Gleis ergeben sich aus folgender Zahlenreihe, wobei zwischenliegende Belastungslängen l geradlinig einzuschalten sind.

l m	Q L m t	l m	Q L m t	l m	Q L m t	l m	Q L m t
1,0	16,0	3,5	86,1	14,0	789	40,0	5050
1,2	19,2	4,0	108	16,0	974	45,0	6190
1,4	22,4	4,5	132	18,0	1190	50,0	7430
1,6	25,6	5,0	158	20,0	1440	60,0	10200
1,8	30,8	6,0	211	22,0	1780	70,0	13300
2,0	36,4	7,0	264	24,0	2020	80,0	16700
2,2	42,0	8,0	321	27,0	2500	90,0	20600
2,4	47,6	9,0	383	30,0	3040	100,0	24800
2,6	53,2	10,0	455	33,0	3600	120,0	34200
2,8	58,8	12,0	617	36,0	4200	140,0	45200
3,0	66,1						

Die Hauptträger von Brücken grösserer Spannweiten kann man auch nach gleichförmig vertheilter Belastung berechnen, welche nach Winkler in t für 1 m beträgt:

Bei Spannweiten von m.	Für die Momente.	Für die Querkräfte.
10—50	$4{,}14 + \frac{23}{L}$	$4{,}40 + \frac{34}{L}$
50—100	$3{,}08 + \frac{79}{L}$	$3{,}48 + \frac{80}{L}$
über 100	$2{,}65 + \frac{119}{L}$	$3{,}33 + \frac{95}{L}$

oder bei einer gleichförmig vertheilten Last

$$L \leqq 25^m : p = 4{,}2 + \frac{30}{L}$$

$$L > 25^m : p = 2{,}6 + \frac{70}{L}.$$

Für normalspurige Nebenbahnen wird nur etwa 0,77 p angenommen.

B. Eigengewicht. Es beträgt das Gewicht in kg der

	für eine eingleisige Br.	für eine zweigleisige Br.
Schwellenträger . . .	$g = 40 + 12\,l_1$	$g = 48 + 12\,l_1$
Querträger	$g = 30 + 20\,l_1$	$g = 50 + 40\,l_1$

worin l_1 den Abstand der Querträger bezeichnet.

Digitized by Google

Eigengewicht einer eingleisigen Brücke in kg für 1 m
$g = 800 + 30\,L$ bei schwerer Construction
$g = 500 + 25\,L$ bei leichter «

Eigengewicht einer eingleisigen Brücke.

Spannweite.	Metrische Betriebslast für die Querkraft: das Max.-Biegungsmoment.	Metrische Betriebslast für die Querkraft: am Auflager.	Metrische Betriebslast für die Querkraft: in der Trägermitte.	Gewicht für 1 m: Fahrbahn, Fahrbahnträger und Windverband.	Gewicht für 1 m: Hauptträger.	Gewicht für 1 m: Im Ganzen.
	kg	kg	kg	kg	kg	kg
5	9360	10920	14560	800	170	970
10	6380	8110	10920	810	265	1075
20	5610	6490	7250	820	475	1295
30	5110	5930	6370	830	684	1514
40	4860	5520	5940	840	894	1734
50	4590	5130	5310	850	1105	1955
100	3660	4200	5010	900	2168	3068
150	3160	3690	4490	950	3255	4205

Für zweigleisige Brücken ist für 1 Gleis das Gesammtgewicht um 4%, das Trägergewicht um 8% zu verkleinern; für eingleisige Brücken der normalspurigen Nebenbahnen ist das Gesammtgewicht um 18%, das Trägergewicht um 19% geringer anzunehmen.

C. Winddruck ist bei belasteter Brücke mit 150 kg (qm) und nöthigenfalls bei unbelasteter Brücke mit 250 kg (qm) in Rechnung zu stellen. Die Angriffsfläche ist schätzungsweise zu bestimmen; sie beträgt bei Fachwerksbrücken in qm etwa: $1 + 0{,}04\,L$. Für den Eisenbahnzug nimmt man ein Rechteck von 3^m Höhe über S.O. an. Vielfach rechnet man mit einem Druck von 700—800 kg (m) einschl. der durch Seitenschwankungen und Bremsen der Fahrzeuge entstehenden Horizontalkräfte.

Bei Brücken mit oben liegender Fahrbahn und mit nur einem Windverbande in Höhe des Untergurts ist die durch den Wind hervorgebrachte Vergrösserung der senkrechten Belastung des einen Hauptträgers zu berücksichtigen, sobald sie den Werth von 10% der Belastung durch Eigengewicht und Verkehr überschreitet.

b) Strassenbrücken.

Verkehrslast. Die Belastung wird auf je 10^m von einem Fuhrwerk mit 4^m Axabstand und 8 t Axbelastung gebildet. Für Landstrassen, die keinen schweren Verkehr erhalten, nimmt man Fuhrwerke mit 3^m Axabstand und 5 t Axbelastung und 6^m Abstand der Fuhrwerke. Bei Brücken bis 5^m Breite rechnet man auf 2 Wagen nebeneinander, bei grösseren Breiten kann man auf je 3,5—4^m Weite einen belasteten Wagen von 2—$2{,}3^m$ Breite und daneben Menschen annehmen. Bei Brücken von grösserer Spannweite als 20^m gibt Menschengedränge eine stärkere Belastung als Fuhrwerke. Die Belastung durch Fuhrwerke kann man auch durch gleichförmig vertheilte Last ersetzen, welche in kg für 1 qm beträgt:

für sehr schwere Wagen . . . . $p = 450 + \frac{5000}{l}$,

« schwere Wagen . . . . . $p = 440 + \frac{2000}{l}$,

« leichte Wagen . . . . . $p = 430 + \frac{800}{l}$.

Die Belastung durch Menschengedränge beträgt rd. 400 kg pro qm, bei Brücken in einem Dorfe 300 kg, in einer Stadt bis 500 kg. Eine Chausseewalze wiegt 4000—5000 kg pro m Walzenbreite und eine Dampfstrassenwalze bei 2,0—$2{,}5^m$ Axabstand 10,000—15,000 kg pro m Walzenbreite.

Strassenbrückenbelastungen in Frankreich.

Bei 3,8—4^m Breite 300 kg pro qm, bezw. 8 t bei 2axigen und 6 t bei 1axigen Wagen. Bei kleineren Brücken wird eine Belastung von 400 kg pro qm zu Grunde gelegt.

Für Militärfuhrwerke, welche von 6 Pferden gezogen werden, wird auf militärischen Brücken eine Belastung von 225 kg pro qm und 2300 kg Raddruck angenommen.

Digitized by Google

Vorschriften für den Bau der neuen eisernen Rheinbrücke in Mannheim.

Maximalsteigung der Zufahrten	1,5%
Breite der Brückenfahrbahn	10—11^{m}
Breite der beiderseitigen Gehwege je	3,5^{m}
Lichte Höhe zwischen Fahrbahn und den oberen Querverbindungen mindestens	4,8^{m}.

Als Belastung wurden hiebei folgende Werthe in Rechnung genommen:

1) für den Hauptträger 480 kg pro qm Brückenbahn einschliesslich der Gehwege;

2) für die Fahrbahntheile nebeneinander fahrende 4rädrige Wagen von je 3 t Raddruck, 3^{m} Axstand, 1,2^{m} Spurweite und 2,5^{m} Breite der Ladung. Als schwerstes Fuhrwerk ein Wagen von 5 t Raddruck, 4^{m} Axstand, 1,5^{m} Spurweite und 2,7^{m} Breite und daneben Menschengedränge mit 480 kg pro qm Belastung.

Für Gehwegtheile 550 kg pro qm Wegfläche, für den Winddruck die Grenzbelastung bei belasteter Brücke zu 150 kg und bei unbelasteter zu 250 kg pro qm.

Eigengewichte der Fahrbahnen.

Bohlenbelag	110—200 kg pro qm
Holzpflaster auf Bohlen	300—400 « « «
« « Eisen	400—500 « « «
Beton auf Eisen	400—500 « « «
Steinpflaster auf Bohlen oder Eisen . .	700—900 « « «
« « Ziegelgewölben . . .	900—1200 « « «

Das Eigengewicht der Träger, Fahrbahn, Versteifungen und Geländer beträgt für 1 qm (Brückenbreite einschl. der Fusswege) in kg

Fahrbahn.	Wagen		
	sehr schwer.	schwer.	leicht.
Sehr schwer	980 + 4 l	870 + 3,5 l	760 + 3,3 l
Schwer	640 + 3,5 l	580 + 3,2 l	530 + 3,0 l
Leicht	460 + 3 l	410 + 2,9 l	360 + 2,7 l

wobei die Fahrbahn aus Schotter auf Steinplatten oder Steinpflaster auf Eisen mit sehr schwer, aus Holzpflaster, Beton oder Schotter auf Eisen mit schwer und Holzpflaster auf Bohlen mit leicht bezeichnet ist.

Nach Engesser pro qm (die Brückenbreite von Trägermitte zu Trägermitte gerechnet) in kg

1) für Landstrassenbrücken m. dopp. Bohlenbelag $p = 105 + 2{,}3\,l + 0{,}02\,l^2$,
2) « « « Beschotterung . . $p = 125 + 2{,}8\,l + 0{,}025\,l^2$,
3) « Stadtstrassenbrücken « dopp. Bohlenbelag $p = 155 + 2{,}7\,l + 0{,}021\,l^2$,
4) « « « Beschotterung . . $p = 170 + 3{,}2\,l + 0{,}028\,l^2$,
5) « « « Pflasterung . . . $p = 180 + 3{,}7\,l + 0{,}029\,l^2$,

wobei die Verkehrslast bei 1) u. 2) für die Fahrbahnträger ein Wagen mit 10 t, für die Hauptträger $360 + \frac{1200}{l}$ kg für 1 qm, bei 3)—5) 20 t, bezw. $440 + \frac{1400}{l}$ kg für 1 qm angenommen ist. Zulässige Inanspruchnahme durch Verkehr 600 kg, durch Eigengewicht 1200 kg für 1 qcm.

Für die Zoreseisen, Buckelplatten ist pro qm überdeckte Fläche bei 2) 65 kg, bei 4) und 5) 80—90 kg zuzuschlagen.

Werden an die Hauptträger noch Fusssteige angehängt, so entspricht deren Eisengewicht (incl. Verstärkung der Hauptträger, aber excl. Geländer) pro qm einer Belastung bei 1) und 2) $p = 60 + 2{,}3\,l$, bei 3) 4) und 5) $p = 80 + 2{,}7\,l$.

Die Berechnung des Materialbedarfs für den eisernen Ueberbau von geraden Strassenbrücken bis zu 10^{m} Spannweite ist von Hoffmann im Centralblatt der Bauverwaltung von 1887, S. 333 u. f. für verschiedene Belastungen in sehr ausführlicher Weise durchgeführt worden.

Nachstehende, von Rheinhard ausgeführte Vicinalstrassenbrücken haben einen Belag von zusammen 13^{cm} starken imprägnirten Bohlen. Als Belastung sind Fuhrwerke von 1,5—2,5 t Raddruck und 3^{m} Axentfernung und Menschengedränge von 360 kg pro qm zu

Digitized by Google

Grunde gelegt. Es bezeichnet l die lichte Weite zwischen den Pfeilerkanten, b die Breite zwischen den Trägermitten, g das Gesammteisengewicht pro qm der hiernach berechneten Grundfläche.

Name der Brücke.	Form der Hauptträger.	l m	b m	Radbelastung. t	Gesammt-Eisengewicht. kg	g kg
Neckarbrücke bei Lustnau	Schwedlertr.	48,9	5,39	2,5	55700	211,5
Nagoldbrücke bei Kentheim . . .	Parabelträger.	36,0	3,6	2,0	25970	116,7
Kocherbrücke bei Abtsgemünd . .	Parabelsegment	20,0	3,65	2,0	7560	104
Schussenbrücke b. Durlesbach *) .	Parabelträger.	16,4	4,0	2,0	6200	95
Rothbrücke bei Wielandsweiler	Halbparabeltr.	13,5	3,5	1,5	4240	90

Die Kosten haben bei obigen, theilweise von den Eisenbahnstationen bis zu 15 km entfernt liegenden Brücken 28,13—33,50 Mk. pro 100 kg Schmiedeisen; 22—25 Mk. pro 100 kg Gusseisen und 60 Mk. pro 100 kg Gussstahl betragen.

c) Allgemeines.

Minimalmaasse für Weg-Unterführungen

	lichte Weite:	lichte Höhe
Feldwege	3,80^{m}	3,80^{m}
Chausseen mit nicht grosser Frequenz	4,7—5,5^{m}	4,7—5,0^{m}
Frequente Chausseen	5,5—7,5^{m}	4,7—5,0^{m}
Dorfstrassen	4,2—5,0^{m}	4,0—4,5^{m}

Träger aus 2 vernieteten Eisenbahnschienen, von denen die oberste gleichzeitig Fahrschiene, nicht über 1,5^{m}, gewalzte I nicht über 5^{m}, einfache Blechträger nicht über 15^{m} Spannweite angewandt.

Eisenbahnschienen von durchschnittlich 9,15^{cm} Basis, 5,5^{cm} Kopfbreite	und einer Höhe in ^{cm}	Gewicht pro Meter in kg.	Widerstandsmoment.	Bemerkung.
	10,5	26,1	90	Die mit * bezeichn. Ziffern beziehen sich auf 2 aufeinandergenietete Schienen
	11,8	29,8	117	
	13	32,6	140	
	23,5	42,8	370	
	26,2*	65,2*	412*	
	47,0*	85,6*	1044*	

Trägheitsmomente der Blechträger, bestehend aus Stehblech, angenieteten L-Eisen und aufgelegten Lamellen sind nachstehenden Tabellen zu entnehmen.

Tab. 1**). Trägh.-Mom. d. Stehblechs u. d. 4 L-Eisen (Biquadrat dm.)

		Höhe des Trägers in mm.										
		400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400
10^{mm} Stehpl.		0,5333	1,042	1,800	2,858	4,267	6,075	8,333	11,09	14,60	18,31	22,87
L-Eisen												
	6	0,9235	1,492	2,197	3,039	4,018	5,134	6,387	7,776	9,302	11,96	12,76
60	8	1,200	1,942	2,863	3,964	5,244	6,702	8,341	10,16	12,15	14,33	16,69
	10	1,461	2,369	3,497	4,845	6,413	8,201	10,21	12,44	14,89	17,56	20,44
	7	1,144	1,854	2,736	3,791	5,018	6,416	7,988	9,731	11,65	13,73	15,99
65	9	1,435	2,330	3,443	4,774	6,322	8,088	10,07	12,27	14,69	17,33	20,19
	11	1,712	2,784	4,118	5,713	7,571	9,690	12,07	14,71	17,62	20,78	24,21

*) Hier ist die untere, bei den übrigen Brücken die obere Gurtung gekrümmt.

**) Aus dem Handb. d. Ing.-Wissensch. Brückenbau; Steiner, Constr. d. eisernen Balkenbrücken.

		Höhe des Trägers in mm.										
		400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400
	7	1,220	1,982	2,930	4,065	5,386	6,893	8,587	10,46	12,53	14,78	17,22
70	9	1,536	2,499	3,698	5,132	6,803	8,709	10,85	13,23	15,84	18,69	21,78
	11	1,833	2,988	4,427	6,150	8,156	10,45	13,02	15,88	19,02	22,45	26,15
	8	1,469	2,393	3,544	4,922	6,527	8,360	10,42	12,71	15,22	17,96	20,03
75	10	1,795	2,930	4,344	6,039	8,013	10,27	12,80	15,62	18,71	22,09	25,74
	12	2,106	3,443	5,112	7,111	9,442	12,10	15,10	18,42	22,08	26,06	30,38
	8	1,554	2,537	3,763	5,232	6,945	8,900	11,10	13,54	16,23	19,15	22,33
80	10	1,901	3,109	4,617	6,425	8,533	10,94	13,65	16,66	19,97	23,57	27,48
	12	2,232	3,658	5,438	7,574	10,06	12,91	16,11	19,67	23,58	27,85	32,47
	9	1,915	3,141	4,675	6,517	8,666	11,12	13,89	16,96	20,34	24,03	28,03
90	11	2,293	3,769	5,617	7,836	10,43	13,39	16,73	20,43	24,51	28,96	33,78
	13	2,656	4,373	6,524	9,110	12,13	15,58	19,47	23,79	28,56	33,74	39,37
	10	2,303	3,795	5,667	7,919	10,55	13,56	16,95	20,73	24,88	29,41	34,32
100	12	2,710	4,475	6,692	9,359	12,48	16,05	20,07	24,54	29,46	34,84	40,66
	14	3,101	5,131	7,682	10,75	14,35	18,46	23,09	28,25	33,92	40,12	46,84
	10	2,491	4,119	6,167	8,635	11,52	14,83	18,56	22,71	27,27	32,26	37,67
110	12	2,934	4,862	7,289	10,22	13,64	17,57	21,99	26,91	32,33	38,26	44,68
	14	3,361	5,580	8,376	11,75	15,70	20,22	25,33	31,01	37,26	44,10	51,51
	11	2,913	4,837	7,265	10,20	13,63	17,57	22,01	26,96	32,41	38,37	44,82
120	13	3,382	5,627	8,463	11,89	15,90	20,51	25,71	31,49	37,87	44,84	52,49
	15	3,833	6,392	9,625	13,53	18,11	23,37	29,31	35,92	43,20	51,16	59,79
	12	3,753	5,596	8,430	11,86	15,88	20,50	25,72	31,53	37,93	44,93	52,53
130	14	3,850	6,431	9,701	13,66	18,31	23,64	29,67	36,38	43,78	51,88	60,66
	16	4,325	7,239	10,93	15,41	20,67	26,70	33,52	41,12	49,50	58,66	68,60
	13	3,666	6,198	9,425	13,35	17,96	23,27	29,27	35,97	43,36	51,45	60,23
140	15	4,337	7,271	11,00	15,52	20,84	26,95	33,86	41,57	50,06	59,36	69,44
	17	4,834	8,120	12,30	17,38	23,34	30,21	37,96	46,62	56,16	66,60	75,94
	14	4,308	7,228	10,95	15,47	20,79	26,92	33,84	41,57	50,09	59,42	69,55
150	16	4,843	8,144	12,35	17,47	23,50	30,44	38,28	47,03	56,70	67,27	78,75
	18	5,360	9,033	13,72	19,42	26,14	33,88	42,62	52,39	63,17	74,96	87,77

Tab. 2. Trägheitsmoment der Lamellen bei 10^{mm} Breite.

Lamellen-H. in mm.	Höhe des Trägers in mm.										
	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400
8	0,0666	0,1032	0,1478	0,2005	0,2611	0,3279	0,4064	0,4911	0,5837	0,6844	0,7930
9	0,0753	0,1166	0,1669	0,2262	0,2945	0,3718	0,4581	0,5535	0,6578	0,7711	0,8934
10	0,0841	0,1301	0,1861	0,2521	0,3281	0,4141	0,5101	0,6161	0,7321	0,8581	0,9941
11	0,0929	0,1436	0,2053	0,2781	0,3618	0,4565	0,5622	0,6789	0,8066	0,9453	1,095
12	0,1018	0,1573	0,2248	0,3042	0,3957	0,4991	0,6145	0,7420	0,8814	1,033	1,196
13	0,1109	0,1711	0,2443	0,3305	0,4297	0,5419	0,6670	0,8052	0,9564	1,121	1,298
14	0,1200	0,1850	0,2639	0,3569	0,4639	0,5848	0,7198	0,8686	1,032	1,209	1,400
15	0,1292	0,1990	0,2837	0,3835	0,4982	0,6280	0,7727	0,9325	1,107	1,297	1,502
16	0,1385	0,2131	0,3036	0,4102	0,5328	0,6713	0,8259	0,9964	1,183	1,386	1,604
17	0,1479	0,2273	0,3237	0,4371	0,5674	0,7148	0,8792	1,061	1,259	1,574	1,707
18	0,1573	0,2416	0,3438	0,4641	0,6032	0,7585	0,9328	1,125	1,335	1,564	1,810
19	0,1669	0,2560	0,3641	0,4917	0,6373	0,8024	0,9866	1,190	1,412	1,653	1,913
20	0,1765	0,2705	0,3845	0,5185	0,6725	0,8465	1,041	1,255	1,489	1,743	2,017
21	0,1863	0,2852	0,4051	0,5460	0,7080	0,8908	1,095	1,320	1,566	1,832	2,120
22	0,1961	0,2999	0,4257	0,5736	0,7434	0,9353	1,139	1,385	1,643	1,923	2,224
23	0,2060	0,3148	0,4466	0,6013	0,7791	0,9799	1,204	1,451	1,720	2,013	2,329
24	0,2160	0,3297	0,4675	0,6292	0,8150	1,025	1,259	1,516	1,798	2,104	2,434
25	0,2260	0,3448	0,4885	0,6573	0,8510	1,070	1,314	1,582	1,876	2,195	2,539
26	0,2362	0,3600	0,5097	0,6855	0,8873	1,115	1,396	1,649	1,954	2,286	2,644
27	0,2465	0,3753	0,5311	0,7138	0,9236	1,160	1,424	1,715	2,033	2,377	2,749
28	0,2568	0,3907	0,5525	0,7423	0,9602	1,206	1,480	1,782	2,112	2,489	2,875
29	0,2673	0,4062	0,5741	0,7710	0,9969	1,252	1,536	1,849	2,191	2,561	2,961
30	0,2778	0,4218	0,5958	0,7998	0,034	1,298	1,592	1,916	2,270	2,654	3,068

Digitized by Google

Tab. 3. Nietloch-Abzug für ein Niet von 10 mm Durchm.

L-Eis. Stärke mm	Höhe des Trägers in mm.										
	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400
6	0,0233	0,0366	0,0529	0,0722	0,0946	0,1199	0,1482	0,1795	0,2138	0,2512	0,2915
7	0,0270	0,0425	0,0615	0,0840	0,1101	0,1396	0,1726	0,2091	0,2491	0,2926	0,3396
8	0,0307	0,0484	0,0701	0,0958	0,1255	0,1591	0,1968	0,2385	0,2841	0,3339	0,3875
9	0,0344	0,0542	0,0786	0,1074	0,1408	0,1786	0,2210	0,2618	0,3192	0,3783	0,4354
10	0,0380	0,0600	0,0870	0,1190	0,1560	0,1980	0,2450	0,2970	0,3540	0,4194	0,4830
11	0,0416	0,0691	0,0954	0,1306	0,1712	0,2173	0,2690	0,3261	0,3888	0,4569	0,5306
12	0,0452	0,0715	0,1037	0,1420	0,1863	0,2366	0,2929	0,3548	0,4234	0,4977	0,5780
13	0,0487	0,0771	0,1120	0,1534	0,2013	0,2557	0,3166	0,3840	0,4579	0,5383	0,6252
14	0,0522	0,0827	0,1202	0,1647	0,2163	0,2748	0,3403	0,4128	0,4923	0,5788	0,6724
15	0,0556	0,0882	0,1284	0,1760	0,2311	0,2937	0,3639	0,4415	0,5266	0,6192	0,7194
16	0,0590	0,0937	0,1365	0,1872	0,2459	0,3126	0,3873	0,4701	0,5608	0,6595	0,7662
17	0,0624	0,0992	0,1442	0,1983	0,2606	0,3314	0,4107	0,4952	0,5948	0,6996	0,8129
18	0,0657	0,1046	0,1525	0,2094	0,2752	0,3501	0,4340	0,5269	0,6288	0,7396	0,8595
19	0,0690	0,1100	0,1604	0,2203	0,2898	0,3687	0,4572	0,5551	0,6626	0,7795	0,9060

Parabelträger. Bei voller, gleichmässig vertheilter Belastung keine Beanspruchung der Diagonalen. Gegendiagonalen nöthig. Materialverbrauch geringer als für Paralleträger.

Ist die Trägerhöhe in der Mitte = h, so ist die Höhe der m ten Verticalen bei einer graden Anzahl der Felder, also N = 2n

$$h_m = \frac{m(2n-m)}{n^2} h$$

und bei einer ungraden Anzahl der Felder, also N = 2n−1

$$h_m = \frac{m(2n-m-1)}{n(n-1)} h$$

Schwedler'sche Träger. Es sind wie bei Paralleträgern nur in den Mittelfeldern Gegendiagonalen nöthig. Die Annahme einer constanten Verkehrslast pro Längsmeter ist bei Berechnung der Form nicht zulässig.

Paulische Träger. Wenn der ganze Träger gleichmässig belastet ist, sind alle Gurtungsglieder gleich stark beansprucht. Doppeltes System mit gekreuzten Diagonalen. Materialverbrauch grösser als für Paralleträger.

Träger mit constanten Maximalbeanspruchungen einer Gurtung. Mit einfachem System erreichbar. Gewöhnlich eine Gurtung horizontal, die andere von constantem Querschnitt.

Bogenträger. Bei 3 Gelenken sind die Beanspruchungen ohne Elasticitätstheorie bestimmbar, Temperaturänderungen und geringes Ausweichen der Widerlager unschädlich, dagegen die Einwirkung der Stösse besonders ungünstig für das Scheitelgelenk.

Continuirliche Träger. Vortheile: Materialersparniss, kleine Einsenkung, leichte Aufstellung, geringe Dimension der Zwischenstützen. Nachtheil: ungünstiger Einfluss unbeabsichtigter Aenderungen der Stützhöhen, besonders bei schlechtem Fundamentboden.

Gerber'sche Träger. Es soll dieselbe Materialersparniss wie bei continuirlichen Trägern erreicht, der Einfluss unbeabsichtigter Senkungen der Stützen aber vermieden werden.

Trägerhöhe. Gewöhnlich $\frac{1}{10}$ l bis $\frac{1}{8}$ l, nicht gern unter $\frac{1}{10}$ l, bei hohen Fachwerkträgern mit untenliegender Fahrbahn wo möglich so, dass eine obere Querverbindung angebracht werden kann.

Zulässige Beanspruchungen in kg (qcm).

a. Glieder der Hauptträger aus Flusseisen:

Stützweite über	10	20	40	80	120	150 m.
Beanspruchung:						
ohne Rücksicht auf Winddruck .	800	850	900	950	1000	1050 m,
mit Rücksicht auf Winddruck . .	1000—1300.					

Bei Schweisseisen sind diese Werthe um 10 % zu ermässigen. Bei Druckgliedern ist nach der Euler'schen Formel eine 5 fache Sicherheit gegen Knicken nachzuweisen.

b. Vollwandige Träger:

Hauptträger aus Flusseisen 750
« « Schweisseisen . . . 700

Quer- und Längsträger. Bei vorhandenem Schotterbett auf der Brücke die gleichen Beanspruchungen wie bei vollwandigen Hauptträgern.

Bei Querschwellen auf Längsträgern
bei Flusseisen . . . 700,
bei Schweisseisen . . 650.

Bei unmittelbarer Auflagerung der Schienen auf den Längsträgern oder Querträgern
bei Flusseisen . . . 650,
bei Schweisseisen . . 600.

c. Wind- und Eckverbände:
bei Flusseisen . . . 1000,
bei Schweisseisen . . 900,
jedoch sind bei den Windverbänden Flacheisen schwächer $80 . 10^{mm}$ und bei den Eckverbänden Winkeleisen schwächer als $70 . 70 . 10^{mm}$ zu vermeiden. Eckverbände sind stets und Windverbände thunlichst aus steifen Stäben zu bilden. Es genügt der Nachweis einer zweifachen Knicksicherheit, wenn die Stäbe paarweise angeordnet und so angeschlossen sind, dass der auf Zug beanspruchte Stab bei Ausbiegen des Gegenstabes die Kraft allein übertragen kann.

d. Nietverbindungen:
Als Scherspannung zur Verbindung von Hauptträgertheilen dienenden Niete sind die unter a. angegebenen Werthe zulässig. Ebenso bei den Nieten der Wind- und Eckverbände. Für die zum Anschluss der Längs- an die Querträger und der Querträger an die Hauptträger dienenden Niete sind die Scherspannungen höchstens gleich den unter b. angegebenen Werthen zu wählen. Der Lochleibungsdruck darf höchstens den doppelten Werth der Scherspannung erreichen. Jeder Anschluss eines zur Uebertragung wesentlicher Kräfte dienenden Stabes muss bei Flacheisen mind. 2, bei Winkeleisen mind. 3 Niete enthalten.

e. Auflager:
In den Gussstücken der Auflager soll die äusserste Faserschicht höchstens einen Zug von 250 kg (qcm) und einen Druck von 500 kg (qcm) erhalten. Der Druck in der Cementfuge soll 15 kg (qcm) und bei Pendeln für 1 cm Höhe und Länge 22,5 kg nicht überschreiten.

Nietverbindung. Nieten wirken hauptsächlich durch Reibung; bei der Berechnung der Nietanzahl wird jedoch diese vernachlässigt und nur die Schubspannung im Nietquerschnitt und der Lochwandungsdruck des Niets in Betracht gezogen. Bezeichnet t die Scherfestigkeit, s'' die Inanspruchnahme auf Druck in der Lochwandung, S die Spannkraft, d Nietdurchmesser, δ Blechdicke, dann ist für einschnittige Niete die Anzahl der erforderlichen Niete $n = \frac{S}{\frac{d^2\pi}{4} t}$ oder $n_1 = \frac{S}{\delta d . s''}$, wovon der grössere Werth zu nehmen ist.

Die Stärke der Niete beträgt für Hauptträger $2{,}5—3^{cm}$, für Schwellen- und Querträger $2—2{,}5^{cm}$. Entfernung der Niete 2,5—3 d von Mitte zu Mitte und 1,5—2 d von Nietmitte bis Blechrand. Die Stärke mehrerer zusammen zu nietenden Lagen nicht über 2,5—4 d.

Bei der Querschnittsberechnung werden in Druck-Querschnitten Nietlöchen nicht abgezogen, bei Zug-Querschnitten werden die in diesem Querschnitte liegenden Niete in Abzug gebracht.

Endwiderlager so berechnen, dass die zulässige Druckbeanspruchung der Mauersteine (gewöhnlich 8—10 kg pro qcm) und des Fundamentbodens (bei directer Fundirung meist 2,5—5 kg) nicht überschritten und womöglich Zugbeanspruchungen im Mauerwerk vermieden werden.

Zwischenpfeiler erhalten eine obere Stärke b

$b = 1^m + 0{,}03\ l$ für $l \leqq 50^m$
$b = 2^m + 0{,}01\ l$ für $l \geqq 50^m$.

Bei grossen Höhen (von etwa 10^m an) ist der Anlauf mit Rücksicht auf die Beanspruchung der Mauersteine zu berechnen und der Winddruck zu berücksichtigen.

Die vortheilhafteste Anzahl n der Oeffnungen berechnet sich nach Kaven aus

$$n = l \left(0{,}004376 + 4{,}58 \sqrt{\frac{k}{P}}\right)$$

wo l die Gesammtlänge in m, k Preis für 1 kg Schmiedeeisen in Mark, P Preis eines Zwischenpfeilers in Mark.

Lagerplatten sollen so gross sein, dass der Auflagerstein nicht übermässig (je nach Steinart nicht über 30—60 kg pro qcm) beansprucht wird. Winkler empfiehlt folgende empirische Formeln, worin l Spannweite, b_1 Breite der Gurtung, a, b, d Länge, Breite und Dicke der Platte, alles in m.

Einfache Träger . . .	$a = 0{,}32 + 0{,}007\ l$	einf. Gurtung	$b = 1{,}50\ b_1$
Contin. Tr. Widerlager	$a = 0{,}27 + 0{,}006\ l$	Doppelgurtg.	$b = 1{,}25\ b_1$
« « Zwischenpf.	$a = 0{,}45 + 0{,}010\ l$	allgemein . .	$d = 0{,}04 + 0{,}009\ l$.

Walzen. Wenn l die Spannweite in m, d der Durchmesser und a die Länge der Walzen in cm, A grösster Auflagerdruck in t, s zulässige Beanspruchung des Walzenmaterials in t pro qcm, n Anzahl der Walzen, so kann man setzen:

$$n = \frac{5\,A}{a\sqrt{d\,s^3}} \text{ f. d. Zwischenpfeiler contin. Träger } n = \frac{3\,A}{a\sqrt{d\,s^3}}$$

für eingleisige Brücken	$d = 10 + 0{,}10\ l$	$a = 10 + 0{,}7\ l$
« zweigleisige «	$d = 10 + 0{,}13\ l$	$a = 10 + 1{,}1\ l$.

Pendel. Bei gleichen Bezeichnungen wie vorstehend und c für die Pendeldicke oben und unten setzt Winkler:

für Fischbauchträger	$c = 2{,}5 + 0{,}070\ l$
für andere Träger incl. Bogenträger	$c = 3{,}2 + 0{,}085\ l$

	für eingleisige Brücken	für zweigleisige Brücken
	$d = 15 + 0{,}16\ l$	$d = 15 + 0{,}20\ l$
Einfache Träger . . .	$n = 3{,}0 + 0{,}045\ l$	$n = 4{,}5 + 0{,}045\ l$
Contin. Träger Widerl.	$n = 3{,}0 + 0{,}030\ l$	$n = 4{,}5 + 0{,}030\ l$
« « Endpfl.	$n = 6{,}0 + 0{,}045\ l$	$n = 9{,}0 + 0{,}045\ l$.

Zur Berechnung von Pfeilerdimensionen, namentlich bei Mittelpfeilern grosser Strombrücken, hat Fränkel nachstehende Formel aufgestellt, welche jedoch nur für Strassenbrücken bis zu 50^m Spannweite anzuwenden ist.

$$b = 0{,}26 + 0{,}061 \cdot l - 0{,}00058\ l^2 + 0{,}0009\ v \cdot h_1 \cdot l \text{ Meter.}$$

Hierin bezeichnet b die obere Pfeilerbreite, l die Spannweite, v die grösste Hochwassergeschwindigkeit, h_1 den grössten Hochwasserstand über der Flusssohle. Der letzte Faktor fällt also bei Pfeilern weg, die nicht in fliessendes Wasser zu stehen kommen.

Für die Bestimmung des Anlaufs empfiehlt sich mit Rücksicht auf die Bedingung, dass der Druck pro Flächeneinheit in jedem horizontalen Pfeilerquerschnitt nahezu gleich sein soll, die Anwendung der Formel: $\frac{z}{y} = \frac{b}{\frac{2 \cdot P}{b \cdot s} - y}$, worin z die horizontale, y die verticale Coordinate der Pfeilerbegrenzungslinie, P den Druck der Brückenconstruction, s das Gewicht der Volumeinheit des Pfeilers bezeichnet.

Die elastische Durchbiegung Δ berechnet sich nach Engesser, wenn l die Stützweite, $h = \frac{l}{m}$ die Trägerhöhe, n die Anzahl der gleichen Felder, k Spannung des Gurtquerschnitts für 1 qcm in der Trägermitte bedeutet

a) für Paralleträger mit veränderlichem Querschnitte

$$\Delta = \frac{k\ l^2}{E\ h}\left(0{,}245 + \frac{0{,}32}{n} + \frac{0{,}64 \cdot n}{m^2}\right)$$

mit gleichem Querschnitte

$$\Delta = \frac{k\ l^2}{E\ h}\left(0{,}216 + \frac{0{,}25}{n} + \frac{0{,}425\ n}{m^2}\right).$$

Digitized by Google

b) Für Parabelträger, wenn k die mittlere Spannung der Gurtstäbe für 1 qcm u . h $= \frac{1}{m}$ die Trägerhöhe in der Mitte bezeichnet

$$\Delta = \frac{k\, l^2}{E\, h}\left(0{,}3489 + \frac{0{,}7908}{m^2}\right).$$

Es ist genügend, wenn die ganze Durchbiegung $\frac{1}{1200}$, die elastische $\frac{1}{1600}$ und die bleibende $\frac{1}{5000}$ der Spannweite nicht überschreitet.

Preise für 100 kg.

Stahl. Fabrikpreis: Tannebaumstahl 50—55 Mk., Rundstahl 60 Mk., Flachstahl 60—65 Mk., Gussstahl 120 Mk., Schienen aus Bessemerstahl 24 Mk.

Walzeisen. Flacheisen 20 Mk., Rund- und Quadrateisen 20—25 Mk. ⌊-Eisen 11—19 Mk., T-Eisen 15—18 Mk, ⊤-Eisen 15—25 Mk., ⊏-Eisen 15—20 Mk., Wellblech 30 Mk., Buckelplatten 30 Mk., Schienen neu 15 Mk., alt 8 Mk.

Schmiedeisen. Flach- und Quadrateisen 30—35 Mk., Schraubbolzen 40 Mk., Muttern 50 Mk., Niete 20—25 Mk.

Gusseisen. Unterlagsplatten 18 Mk., Säulen 20—25 Mk.

Zinkblech 55 Mk., Blei 45—50 Mk., Bleiröhren 55 Mk., Bleibleche 53 Mk.

Kosten des eisernen Oberbaues.

Genietete Träger, Gesammtpreis ohne Montirungsgerüst 25—35 M. für 100 kg Eisen.

Hölzernes Montirungsgerüst, Kosten in M.: 1,5 F h, worin F die Grundfläche des Gerüstes und k die Höhe desselben über Erdoberfläche.

Montiren der Trägertheile, bei Brücken unter 10 m Stützweite 2 M.; von 10—20 m Stützweite 3 M.; über 20 m Stützweite 4—5 M. für 100 kg. Oelfarbenanstrich des eisernen Ueberbaues, 2malig, kostet 0,5 Mk. für 1 qm und die anzustreichende Fläche für 100 kg Eisen beträgt in qm $F = \alpha \frac{h}{l}$, worin für Paralleträger $\alpha = 13 - 17$ und für Fachwerksträger $\alpha = 10 - 12$ anzunehmen ist. Als Rostschutzmittel dienen die von Dr. E. Schaal, Feuerbach bei Stuttgart fabrizirten Antioxyde.

Kosten der Brückenfahrbahn für 1 qm.

Dopp. Bohlenbelag aus 7 cm starken eichenen Bohlen 15 M.; einf. 7 cm st. eichener Bohlenbelag mit 13 cm hohen Eichholz-Pflaster 25 M.; desgl. mit 20 cm starker Kiesdecke 10 M.; Steinpflaster 18 cm hoch 4 M. Ziegelgewölbe mit Kies 12 M., mit Steinpflaster 14 M.

Kosten der Brückenfusssteige für 1 qm.

Einf. 4 cm st. eichenen Bohlenbelag 4 M.; desgl. mit 3 cm starker Asphalt-Abdeckung 10 M.

Gesammtkosten des eisernen Ueberbaues nebst Fahrbahn für Strassenbrücken bei 5 m Breite für 1 m Stützweite in M.:

bei leichten Brücken . . . . 200 + 10 l
« schweren « . . . . 400 + 15 l

(l Stützweite der Träger in m).

Desgl. bei hölzernem Ueberbau:

bei leichter Fahrbahn . . . 120 + 10 l
« schwerer « . . . 180 + 12 l.

Gesammtkosten des eisernen Ueberbaues nebst Fahrbahn einer eingleisigen Eisenbahnbrücke

bis 10 m Stützweite . . . . 300 + 10 l
über 10 « « . . . . 300 + 15 l.

Desgl. bei hölzernem Ueberbau 150 + 12 l.

Ausführliche Angaben über Gewinnung, Eigenschaften, Fehler und Fälschungen, Prüfung und Abnahme, Verwendung, Gewichte und Preise der Eisenbahn-Materialien findet man in dem „Wörterbuche der Eisenbahn-Materialien für Oberbau, Werkstätten, Betrieb und Telegraphie“ von J. Brosius, Verlag von J. F. Bergmann.

XVII. Aus dem Maschinenbau.

Von Professor P. v. Lossow in München.

A. Maschinentheile.

Nach v. Grove.

Nietverbindungen.

Bezeichnet δ die Blechstärke, d den Nieddurchmesser, e die Nieteilung, e_1 den Abstand des Nietmittels vom Blechrand und f das Verhältniss der Festigkeit der Nietung zur Festigkeit des vollen Bleches, alles in cm ausgedrückt, so nehme man bei Handnietung

$$d = \frac{3{,}6\,\delta}{0{,}9 + \delta}.$$

Einfache Vernietung:

$\frac{d}{\delta}$	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6
$\frac{e}{\delta}$	2,33	2,94	3,61	4,34	5,14	6,00	6,92	7,91
$\frac{e_1}{\delta}$	1,31	1,66	2,06	2,49	2,96	3,48	4,03	4,62
f	0,49	0,52	0,56	0,59	0,61	0,63	0,65	0,67

Doppelte Vernietung:

$\frac{d}{\delta}$	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4
$\frac{e}{\delta}$	3,46	4,48	5,62	6,89	8,28	9,80	11,45
$\frac{e_1}{\delta}$	1,31	1,66	2,06	2,49	2,96	3,48	4,03
f	0,65	0,69	0,72	0,74	0,76	0,78	0,79

Nietkopf etwa 0,5 d hoch und 1,6 d breit.

Bis $\delta \geqq 5^{mm}$ kann die Abdichtung durch Verstemmen erzielt werden. Bei dünneren Blechen dient als Dichtungsmaterial ein in Mennige getränkter Leinwand- oder Papierstreifen. Nieten unter 8^{mm} Durchmesser werden kalt vernietet.

Nieten für Eisenkonstruktionen und eiserne Brücken siehe S. 46.

Schraubenverbindungen.

Als Befestigungsschrauben werden meistens solche mit scharfgängigem Gewinde angewandt; das gebräuchlichste System ist das von Whitworth. Bei diesem ist der Kantenwinkel 55^0. — d = äusserer Durchmesser, d_1 = Kerndurchmesser, n = Gangzahl pro 1 engl. Zoll, n_1 = Gangzahl pro Durchmesser, D = Schlüsselweite.

Schraubenköpfe D breit und $^4/_9$ D hoch.

Unterlagscheiben $^4/_3$ D Durchmesser.

Flachgängige Schraube: Gewindetiefe $t = 0{,}045\,d + 0{,}27$ cm, Steigung $s = 2 \cdot t$.

Die zum Anziehen einer Mutter am Umfang des Schraubenbolzens wirksame Kraft ist etwa gleich der Hälfte der im Schraubenbolzen hervorgebrachten Zugkraft anzunehmen.

Schrauben sollen womöglich nicht auf Abscheeren beansprucht werden.

Digitized by Google

Tabelle der scharfgängigen Schrauben nach Whitworth.

d Zoll engl.	d cm	n	n_1	d_1 cm	D cm	Zulässige Belastung P ohne Torsion	Zulässige Belastung P mit Torsion
1/4	0,64	20	5	0,48	1,4	37	22
5/16	0,79	18	5 5/8	0,61	1,6	79	48
3/8	0,95	16	6	0,75	1,8	143	86
7/16	1,11	14	6 1/8	0,88	2,1	218	131
1/2	1,27	12	6	1,00	2,3	302	181
5/8	1,59	11	6 7/8	1,29	2,7	560	336
3/4	1,90	10	7 1/2	1,58	3,2	897	538
7/8	2,22	9	7 7/8	1,86	3,6	1299	779
1	2,54	8	8	2,13	4,1	1755	1053
1 1/8	2,86	7	7 7/8	2,39	4,5	2260	1356
1 1/4	3,18	7	8 3/4	2,72	5,0	2993	1796
1 3/8	3,49	6	8 1/4	2,95	5,4	3564	2138
1 1/2	3,81	6	9	3,27	5,8	4441	2665
1 5/8	4,13	5	8 1/8	3,48	6,3	5070	3042
1 3/4	4,45	5	8 3/4	3,80	6,7	6107	3664
1 7/8	4,76	4 1/2	8 7/16	4,04	7,2	6949	4169
2	5,08	4 1/2	9	4,36	7,6	8155	4893
2 1/4	5,72	4	9	4,91	8,5	10454	6272
2 1/2	6,35	4	10	5,54	9,4	13438	8063
2 3/4	6,99	3 1/2	9 5/8	6,06	10,3	16182	9709
3	7,62	3 1/2	10 1/2	6,69	11,2	19849	11909
3 1/4	8,26	3 1/4	10 9/16	7,26	12,1	23488	14093
3 1/2	8,89	3 1/4	11 3/8	7,89	13,0	27867	16720
3 3/4	9,53	3	11 1/4	8,44	13,8	31996	19198
4	10,16	3	12	9,07	14,7	37076	22245

Rohrflanschen-Verschraubung siehe Normaltafel Seite 40 des geb. Theiles. Flanschbreite $= 1{,}5\ D + 0{,}4$ cm.

Schrauben an bewegten Maschinentheilen (Erschütterungen) müssen vor dem Lockerwerden gesichert werden durch Splind, Contremutter u. s. w.

Whitworth'sches Gewinde für Gasrohre.

Lichte Rohrweite Zoll	Lichte Rohrweite cm	Aeusserer Durchmesser d cm	Kern-Durchmesser d_1 cm	Gangzahl auf 1″ engl.	Gewindetiefe mm
1/4	0,64	1,32	1,14	19	0,9
3/8	0,95	1,67	1,50	19	0,9
1/2	1,27	2,09	1,86	14	1,15
5/8	1,59	2,29	2,06	14	1,15
3/4	1,90	2,64	2,41	14	1,15
7/8	2,22	3,02	2,79	14	1,15
1	2,54	3,32	3,03	11	1,45
1 1/4	3,18	4,19	3,90	11	1,45
1 1/2	3,81	4,78	4,49	11	1,45
1 3/4	4,45	5,20	4,90	11	1,45
2	5,08	5,96	5,66	11	1,45
2 1/4	5,72	6,57	6,28	11	1,45
2 1/2	6,35	7,62	7,33	11	1,45
2 3/4	6,99	8,25	7,95	11	1,45
3	7,62	8,85	8,56	11	1,45

Digitized by Google

Zapfen.

Ist P der Zapfendruck in kg, d = Zapfendurchmesser, l = Zapfenlänge u. n = Tourenzahl p. Min., so nehme man, so lange n < 100 ist, für Zapfen von

$$\left.\begin{array}{ll} \text{Gusseisen} \ . \ . & \frac{l}{d} = 1{,}3, \ d = 0{,}16\sqrt{P} \\ \text{Schmiedeeisen} & \frac{l}{d} = 1{,}4, \ d = 0{,}12\sqrt{P} \\ \text{Gussstahl} \ . \ . & \frac{l}{d} = 1{,}4, \ d = 0{,}095\sqrt{P} \end{array}\right\} \text{Stirnzapfen.}$$

Ist n > 100, so bekommt der Stirnzapfen die Dimensionen l_1 u. d_1, wobei $\frac{l_1}{d_1} = 0{,}14\sqrt{n}$ u. $\frac{d_1}{d} = \sqrt{\frac{l_1}{d_1} \cdot \frac{d}{l}}$.

Gabelzapfen erhalten einen Durchmesser = 0,8 von demjenigen des gleichbelasteten u. gleichlangen Stirnzapfens.

Spurzapfen aus Gussstahl, die auf einer Spurplatte aus Bronce laufen, erhalten einen Durchmesser $d = 0{,}014\sqrt{P \ . \ n}$.

Lager.

Geschlossene Stehlager mit Kugelbewegung.
(Berlin-Anhalt. Maschinenbau-Actien-Gesellschaft Dessau.)

Wellen Durchmesser d cm	Schalenlänge l cm	Lagerhöhe (Mittel) cm	Fussplatte Länge cm	Fussplatte Breite cm	Sohlplatte Länge cm	Sohlplatte Breite cm	Gewicht des Lagers kg	Gewicht der Sohlplatte kg
3	12	5,5	19,0	7,5	35,0	8,0	6	5
4	16	7,0	22,0	9,0	38,0	9,5	9	7
5	20	8,2	26,0	10,5	44,5	11,0	14	9,5
6	24	9,5	31,0	12,5	53,5	13,0	22	18
7	28	11,0	35,0	14,0	61,0	14,5	36	26
8	32	11,0	35,0	14,0	61,0	14,5	39	26
9	36	12,5	40,0	16,5	69,0	17,0	59	45
10	40	14,0	45,0	19,0	76,0	20,0	85	50
12	48	16,0	51,6	22,0	85,0	23,0	115	65
14	56	18,0	58,0	25,0	95,0	26,0	150	86

Hänge- und Wandkonsollager sind je nach Ausladung um 30—200 % schwerer.

Wellen.

P = verdrehende Kraft in kg,
R = Hebelarm von P in cm, also
P . R = Torsionsmoment der Welle,
N = Anzahl Pferdestärken,
n = Tourenzahl pro Min.,
d = Wellendurchmesser in cm,

dann ist $P \ . \ R = 71620 \ . \ \frac{N}{n}$ und gewöhnliche, schmiedeeiserne Transmissionswellen können nach folgender Tabelle bestimmt werden:

d	P . R	N/n	d	P . R	N/n	d	P . R	N/n
3	279	0,0039	7	8286	0,1158	11	50564	0,7061
4	881	0,0123	8	14145	0,1975	12	71620	1,0000
5	2156	0,0301	9	22660	0,3164	14	132683	1,8526
6	4476	0,0625	10	34535	0,4822	16	226355	3,1605

Gusssthälerne Wellen können um 15 % schwächer gehalten werden.

Bei Hauptantrieben müssen die Wellen genau auf Biegung und Torsion berechnet werden.

Lagerentfernung in Metern $= 0{,}7\ (1 + \sqrt{d\ \text{cm}})$.

Zweckmässige Tourenzahlen für Transmissionen sind bei normalen Verhältnissen 100—200, bei raschlaufenden Arbeitsmaschinen (Holzbearbeitung) 250—400.

Riemscheiben.

v = Geschwindigkeit des Riemens in m pro Sek. $= 0{,}00105 \cdot R \cdot n$;
R = Riemenscheibenhalbmesser in cm;

$$P = 71620 \cdot \frac{1}{R} \cdot \frac{N}{n} = \frac{75 \cdot N}{v} = \text{durch den Riemen übertragene Kraft;}$$

n und N wie vorhin; β = Riemenbreite, δ = Riemendicke.

Riementafel.

β	δ	P	Anzahl der übertragenen P. S. bei v in Metern											
cm	cm	kg	7	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	30
5	0,4	25	2,3	2,7	3,3	4,0	4,7	5,3	6,0	6,7	7,3	8,0	8,7	10,0
6	0,4	30	2,8	3,2	4,0	4,8	5,6	6,4	7,2	8,0	8,8	9,6	10,4	12,0
8	0,5	50	4,7	5,3	6,7	8,0	9,3	10,7	12,0	13,3	14,7	16,0	17,3	20,0
10	0,6	75	7	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	30
12	0,6	90	8,4	9,6	12,0	14,4	16,8	19,2	21,6	24,0	26,4	28,8	31,2	36,0
16	0,7	140	13,1	14,9	18,7	22,4	26,1	29,9	33,6	37,3	41,1	44,8	48,5	56
20	0,7	175	16,3	18,7	23,3	28,0	32,7	37,3	42,0	46,7	51,0	56,0	61	70
25	0,7	220	20,5	23,5	29,3	35,2	41,1	46,9	53	59	64	70	76	88
30	0,8	300	28	32	40	48	56	64	72	80	88	96	104	120
40	0,8	400	37,3	42,7	53	64	75	85	96	107	117	128	139	100
50	0,8	500	46,7	53	67	80	93	107	120	133	147	160	173	200

Breite der Riemenscheibe $B = 1{,}1 \cdot \beta + 1{,}5$ cm.

Man nehme $R \geqq 50\ \delta$, die Uebersetzung nicht über 5fach. Der untere Riemen soll der treibende sein. Man schmiere den Riemen mit Talg, aber nicht mit Kolophonium, Pech u.s.w. Ein gut gehaltener Riemen kann 10—20 Jahre laufen.

Bequeme Faustregel: Anzahl Pferdestärken $= \beta \cdot R \cdot n$, alle Maasse in Metern genommen.

In feuchten Räumen wendet man Gummiriemen an. Der untere Riemen soll der ziehende sein.

Hanfseiltrieb.

Ein Hanfseil von einem Durchmesser $d = 5$ cm überträgt für 1 m Seilgeschwindigkeit 1,5 P.S.

Der Seilscheibenhalbmesser R sei $\geqq 3{,}5\ d^2$, muss man R kleiner nehmen, so sind Baumwollseile vorzuziehen.

Die beiden Wellen sollen möglichst nicht senkrecht über einander liegen. Wichtig ist ein gutes Zusammenspleissen der Seilenden. Das untere Seil soll das ziehende sein. Zweckmässige Seilgeschwindigkeit 16—20 m.

Dauer der Seile 4—8 Jahre.

Zahnräder.

Uebersetzungszahl für Transmissionsräder höchstens 3—4, bei langsamem Gang und für Aufzugsmaschinen bis 8 (12). Zähnezahl Z für Transmissionsräder nicht unter 11.

Theilung für gusseiserne Transmissionsräder $t = 0{,}274 \cdot \sqrt{\frac{t}{\beta}} \cdot P$,

wobei β = Zahnbreite und P = Zahndruck in kg $= 71620 \cdot \frac{1}{R} \cdot \frac{N}{n}$.

Digitized by Google

Man nimmt:

$\beta = 2—2{,}5$ t bei langsamem Gang, Aufzugsmaschinen,

$\beta = 2{,}5—3$ t Transmissionsräder, gewöhnliche,

$\beta = 3—3{,}5$ t bei raschem Gang und bearbeiteten Zähnen.

$\beta = 3{,}5—5$ t bei sehr genauer Ausführung u. kleiner Theilung.

Bei Rädern für Aufzugsmaschinen nimmt man die Theilung um 30 % schwächer, bei Rädern, welche Stössen ausgesetzt sind, um 40—80 % stärker als obige Formel ergiebt.

Holzkammräder bekommen eine 1,4 mal grössere Theilung.

Man wähle für die Theilung ein Vielfaches von π, damit

$$R = \frac{Z}{2} \cdot \frac{t}{\pi}$$

eine abgerundete Zahl wird.

Die Umfangsgeschwindigkeit soll nicht über 16^m betragen.

Ist die Tourenzahl des kleineren Rades $n > 50$, so muss man die Theilung mit einem Abnützungscoeffizienten k multipliziren.

n = 50	100	150	200	250	300	500	700	1000	1200
k = 1	1,25	1,44	1,61	1,76	1,90	2,35	2,72	3,20	3,46

Zahndimensionen: Kopflänge 0,3 t, Fusslänge 0,4 t,
Zahnstärke $= \alpha = 0{,}477$ t — 0,02 cm,
Kranzstärke = 0,45 t, bei Holzkämmen t.

Schraube ohne Ende.

Bezeichnet:

P die an der Schnecke am Hebelsarm r wirkende Kraft,
Q die am Schneckenrad am Hebelsarm R wirkende Kraft,
m = Gangzahl der Schraube,
Z = Zähnezahl des Schneckenrades,
η = Güteverhältniss des Mechanismus, so ist

$$Z = \frac{m}{\eta} \cdot \frac{Q \cdot R}{P \cdot r}.$$

Dabei ist zu nehmen für

m = 1 und schlechter Oelung $\eta = 1/4$,
m = 1 « guter « $\eta = 1/3$,
m = 2 « « « $\eta = 1/2$.

Kurbeln.

Dimensionen der Handkurbeln.

Kurbelradius . . . . . = 30— 45 cm
Länge des Kurbelgriffes für 1 Arbeiter . . = 25— 30 «
« « « « 2 « . . . = 45— 50 «
Durchmesser des Kurbelgriffes . . . . . = 4— 5 «
Höhe der Kurbelwelle über dem Fussboden = 90—120 «

Ein Mann arbeitet an einer Kurbel mit 10—15 kg bei 0,5—$1{,}0^m$ Geschwindigkeit in 1 Sekunde.

Röhren.

Normalien gusseiserner Röhren etc. siehe Geb. Theil S. 40.

Ist D = innerer Rohrdurchmesser, δ = Wandstärke, n = Druck in atm., so nehme man für Röhren mit innerem Druck aus:

Gusseisen . . . . . $\delta = 0{,}00167 \cdot n \cdot D + 1{,}2$ cm,
Schmiedeeisen . . . . . $\delta = 0{,}00120 \cdot n \cdot D + 0{,}2$ «
Messing und Kupfer . . . $\delta = 0{,}00200 \cdot n \cdot D + 0{,}1$ «
Blei . . . . . $\delta = 0{,}01000 \cdot n \cdot D + 0{,}1$ «

Dabei setzt man in der Regel für n mindestens 10 atm. ein.

Weichbleirohre, verzinnt oder unverzinnt, Lagerdimensionen.

Lichter Durchmesser mm	Wandstärke mm	Gewicht f. d. l. m kg	Grösste Länge eines gepressten Rohres m	Zulässiger innerer Druck Atm.
6	2,0	0,6	48	16
10	2,0	0,9	75	10
12	4,0	2,3	32	16
18	3,0	2,3	32	8
24	3,0	3,0	24	6
30	3,5	4,2	17	6
35	4,0	5,6	12	5,5
40	4,5	7,1	9	5,5
50	5,0	9,8	9	5
60	5,5	12,8	6,3	4,5
70	6,5	17,7	4,2	4,5

Dichtungsmaterial der Muffenrohre für Gas- und Wasserleitungen: ein mit Theer getränkter Hanfstrick und ein Bleieinguss; das Blei wird mit Hammer und Setzeisen verstemmt. — **Bei Flanschenrohren** verwendet man Scheibenringe aus Gummi, Blei, Pappe mit Mennige, Asbestpappe, profilierte Kupferringe u. s. w.

B. Arbeitsmaschinen.

Sägemaschinen.

Ein Vertikalgatter mit z Sägen erfordert ca. $4 + {}^5/_8$ z Pferdestärken und liefert durchschnittlich für 1 Säge und Stunde 9 qm hartes oder 13 qm weiches Holz.

Nasses Holz schneidet sich besser als trockenes.

Anzahl der Schnitte = 180—250 in 1 Minute; Fourniergatter bis 350.

Hub des Gatters gewöhnlich gleich der 1,5 fachen Blockstärke, Vorschub 0 bis 7^{mm} für den Schnitt, während des Ganges verstellbar; im Mittel $3—4^{mm}$ für hartes und $5—6^{mm}$ für weiches Holz.

Mittlere Schnittgeschwindigkeit $3—4^{m}$ für leichte, $2{,}5—3^{m}$ in 1 Sek. für schwere Gatter.

Kreissägen haben $0{,}5—1{,}2^{m}$ Durchmesser. Umfangsgeschwindigkeit beim Schneiden längs der Holzfaser $40—50^{m}$ in 1 Sekunde, bei Querholz $25—30^{m}$ in 1 Sekunde. — Vorschub bis zu 20^{m} in 1 Minute.

Kraftbedarf bis zu 20 P.S., gewöhnlich jedoch nur rd. 8.

Mahlmühlen.

Bei Flachmüllerei erfordert ein Mahlgang an Betriebskraft 10 bis 15 P.S. Für den Gesammtkraftbedarf einer neu einzurichtenden Mahlmühle muss man jedoch mit Berücksichtigung sämmtlicher Hilfsmaschinen 15—20 P.S. für 1 Mahlgang rechnen.

Lasthebemaschinen.

Ganz allgemein ist die Arbeit der bewegenden Kraft gleich der Summe aus der Arbeit der Last und der Arbeit der Reibung in der Maschine.

Das Uebersetzungsverhältniss zweier Räder (Zahnräder Rollen u. s. w.) ist

$$\varphi = n_2 : n_1 = \Omega : \omega = r : R = z : Z.$$

Bezeichnet bei einem m-fachen Vorgelege

n = Tourenzahl der ersten treibenden Welle,
n_m = « « letzten getriebenen «
$r_1, r_2, r_3 \ldots r_m$ = Radien der treibenden Räder,
$z_1, z_2, z_3 \ldots z_m$ = deren Zähnezahlen,
$R_1, R_2, R_3 \ldots R_m$ = Radien der getriebenen Räder,
$Z_1, Z_2, Z_3 \ldots Z_m$ = deren Zähnezahlen, so ist das Uebersetzungsverhältniss der beiden äussersten Wellen:

$$\varphi = \frac{n_m}{n} = \frac{r_1 \cdot r_2 \cdot r_3 \ldots r_m}{R_1 \cdot R_2 \cdot R_3 \ldots R_m} = \frac{z_1 \cdot z_2 \cdot z_3 \ldots z_m}{Z_1 \cdot Z_2 \cdot Z_3 \ldots Z_m}.$$

Bei jedem der m Zahnräderpaare gehen durch Reibung insgesammt 3—6 % verloren.

Zahnstangenwinde. (Wagenwinde.) Gestelle früher Holz mit Eisen beschlagen, jetzt ganz aus Eisen. Last 2000—20000 kg, einfaches oder doppeltes Vorgelege. Zähnezahl der Trieblinge 3—4. Höhe der Wagenwinde $0{,}8^m$, Hubhöhe $0{,}25—0{,}5^m$. Bei starkem Gebrauch rasche Abnutzung.

Schraubenwinden bis 20000 kg Tragfähigkeit mit Schlitten zur horizontalen Bewegung der Last oder ohne Schlitten. Bewegung der Schraubenspindel mittelst Sperrklinkeneinrichtung oder mit einfachem Hebel mit durchlochtem Kopf.

Hydraulische Hebeböcke für sehr grosse Lasten (Schiffe) bis 200000 kg Tragfähigkeit.

Bockwinden (Bauwinden) mit Seil oder Kette heben 400—4000 kg ohne Flaschenzug, mit Flaschenzug bis 20000 kg.

Schöpfwerke.

Eimerwerk für unreine Flüssigkeiten.

Wasserschnecke für grosse Wassermengen, Hubhöhe bis $4{,}5^m$. Wirkungsgrad $\eta = 0{,}75—0{,}90$.

Wurf- und Pumpräder mit Dampfbetrieb. Hubhöhe bis 5^m; Raddurchmesser bis 10^m; Umfangsgeschwindigkeit 1—3 m/Sek. Wirkungsgrad $\eta = 0{,}7—0{,}8$.

Kolbenpumpen.

Bezeichnet Q das zu hebende Wasserquantum in cbm in 1 Minute, Z die Anzahl der Doppelhübe pro Minute, D den Durchmesser des Pumpenstiefels und v den Kolbenhub, so ist das theoretische Ausflussquantum in 1 Minute $Q = \frac{Z \pi D^2 . v}{2}$.

Das effective Ausflussquantum wird erhalten, wenn Q mit einem Coëfficienten $\mu = 0{,}95$ (bei sorgfältig ausgeführten Pumpen)
$= 0{,}90$ (bei guten Pumpen)
$= 0{,}85—0{,}80$ (bei älteren, abgenützten Pumpen)
multiplicirt wird.

Die Kolbengeschwindigkeit ist bei Pumpen mit massiven Kolben zu $0{,}6—0{,}25^m$ anzunehmen, bei Schachtpumpen zu $0{,}6—0{,}8^m$ in 1 Secunde, kann aber bei grossen Querschnitten der Ventile und Röhren bis auf 2^m vergrössert werden.

Ist a der Querschnitt des Saug- und Druckrohrs, so ist für einfach wirkende Pumpen

$$Z = \frac{1{,}25\ Q}{14\ a^{3/2}}.$$

Die Geschwindigkeit des Wassers ist gewöhnlich
in den Saugröhren zu $0{,}6—0{,}8^m$ in 1 Secunde,
« « Druckröhren « $0{,}6—1{,}5^m$ « «
anzunehmen.

Grössere Geschwindigkeiten als von 1^m sind zu vermeiden, weshalb gewöhnlich doppelt wirkende Pumpen aufgestellt werden, wenn bei einfach wirkenden diese Geschwindigkeit überschritten werden müsste. Der Querschnitt der Röhren wird bei langen Leitungen zu 1/2, bei kurzen zu 1/3 des Kolbenquerschnitts angenommen.

Bei Berechnung der Leistung von Pumpmaschinen wird eine Kolbengeschwindigkeit = 2/3 der Maximalgeschwindigkeit in der Druckleitung zu Grunde gelegt, um erforderlichen Falls die Förderung verstärken zu können.

Ist D der Durchmesser der Pumpen, so erhalten die Saugröhren einen Durchmesser = 0,85—0,89 D und die Druckröhren von 0,8 D.

Der Querschnitt der Ventile soll, um den Hub zu verringern, möglichst gross sein. Der Querschnitt der Ventile (bei grossen Pumpen Lederklappenventile) muss mindestens gleich dem Saugrohr- + Druckrohr uerschnitt sein.

Digitized by Google

Ist h die Saug- und h_1 die Druckhöhe,

φ ein Coëfficient = 1,25 bei sorgfältig ausgeführten Pumpen,
beziehungsweise = 1,33 bei guten und
= 1,43—1,54 bei gewöhnlichen Pumpen,

so ist der Kraftverbrauch L einer Pumpe in Pferdekräften bei nicht zu langen Rohrleitungen

$$L = 1000\ \varphi\ \frac{Q\ (h + h_1)}{75\ .\ 60}.$$

Bezeichnet q den Querschnitt des Saugrohrs in qm und J den Pumpeninhalt, so ist $J \geqq 14\ .\ q\ \sqrt{q}$ und die Tourenzahl bei einfach wirkenden Pumpen $= \frac{Q}{J}$, bei doppeltwirkenden $= \frac{Q}{2\ J}$ anzunehmen. Der Werth von J ist wegen der Wasserverluste noch mit dem Factor $1/\mu$ zu multipliciren.

Maschinen mit doppelt wirkenden Pumpen erhalten einen Druckregulator, einen Windkessel und ein Sicherheitsventil. Die Druckwindkessel erhalten bei kurzen Leitungen das 2—3fache, bei längeren das 3—6fache Pumpenvolumen; desgl. die Saugwindkessel gewöhnlich das 5—10fache, bei langen Leitungen selbst das 15fache Pumpenvolumen. Die negativen Windkessel in den Saugröhren und die Druckwindkessel werden = 4mal Pumpenvolumen angenommen, die Luftfüllung = 0,67 des Windkesselvolumens. Der Hauptdruckwindkessel erhält den 30fachen Inhalt der zusammen arbeitenden Pumpen.

Centrifugalpumpen.

Besonders geeignet zur Förderung grosser Wassermengen auf mässige Höhen. Saughöhe nicht über 5—6^m; zum Heben heisser Flüssigkeit soll die Pumpe so aufgestellt werden, dass ihr die Flüssigkeit zuläuft. Gute Pumpen haben einen Wirkungsgrad von 50—70 %. Wassergeschwindigkeit in den Saug- und Druckrohren ca. 1^m.

Centrifugalpumpen
von G. Schiele & Co., Bockenheim bei Frankfurt a. M.

No. der Pumpe	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Förderleistung in cbm/Min.	0,11	0,27	0,70	1,20	2,00	2,90	4,00	6,00	8,50	11,5
Weite des Saug- u. Druckrohres in mm	40	60	90	120	150	180	210	250	300	350
Durchmesser d. Flanschen in mm	135	175	215	260	290	320	365	400	450	520
Durchmesser der Riemenscheibe in mm	80	100	120	150	200	250	300	350	400	450
Breite der Riemenscheibe in mm	75	85	100	120	135	200	200	250	250	300
Betriebsarbeit für den m Förderhöhe in P.S.	0,06	0,15	0,35	0,53	0,84	1,2	1,60	2,40	3,40	4,60
Ungefähres Gewicht der Pumpe in kg	50	85	165	275	450	650	850	1200	1750	2100
Umdrehungszahl für H = 6 m	1340	1000	905	815	620	500	475	445	430	375
Umdrehungszahl für H = 9 m	1610	1200	1080	980	740	600	575	535	510	450
Umdrehungszahl für H = 12 m	1840	1375	1245	1115	850	685	650	610	585	515

Mit einer Handpumpe fördert 1 Mann in 1 Tag ca. 85 cbm auf 1^m Höhe; Leistung in 1 Hub 0,4—0,5 l Wasser, Kraftaufwand 6—10 kg.

C. Kraftmaschinen.

Die Pferdestärke wird gerechnet zu 75 mkg pro Sekunde.

Prony'scher Zaum. Bezeichnet G das Gewicht in kg am Hebelarm l in m, welches man anbringen muss, um das Dynamometer ins Gleichgewicht zu setzen, so ist die geleistete Arbeit in P.S.:

$$N = \frac{\pi\ .\ n\ .\ l}{30\ .\ 75}\ .\ G = 0{,}001396\ .\ n\,l\ .\ G,$$

Digitized by Google

wobei n die Tourenzahl der Bremsscheibe pro Minute bedeutet. Will man das Eigengewicht des Hebels und der Wagschale nicht mit in Rechnung ziehen, so kann man dasselbe vorher ausbalanciren. Für kleine Kräfte und grosse Geschwindigkeiten ist ein Bremsband (Gurt, Bandeisen, Draht) zweckmässig.

Belebte Motoren.

Die Leistung eines belebten Motors ist bei einer mittleren Kraft P in kg, einer mittleren Geschwindigkeit v in m pro Sek. und einer mittleren täglichen Arbeitszeit t in Sek. ein Maximum; bezeichnet man diese maximale tägliche Leistung in mkg mit L, dann ist

$$L = P \,.\, v \,.\, t.$$

Ist die Geschwindigkeit, mit welcher der belebte Motor arbeitet, nicht v, sondern v′, und die tägliche Arbeitszeit t′, so hat man nach Maschek die Kraft

$$P' = \left(3 - \frac{v'}{v} - \frac{t'}{t}\right) P \text{ zu setzen.}$$

Tabelle der Leistung L, der Kraft P u. s. w. belebter Motoren, bei einer mittleren Arbeitszeit t von 8 Stunden = 28800 Sekunden.

Motor ohne bezw. mit Maschine.	P	v	Leistung in 1 Sekunde	L = 28800 . P . v
	kg	m	mkg	mkg
Mensch o. M.	15	0,8	12	345600
« am Hebel	5	1,1	5,5	158400
« an der Kurbel . . .	10	0,8	8	230400
Pferd o. M.	60	1,25	75	2160000
« am Göpel	45	0,9	40,5	1166400
Ochse o. M.	60	0,8	48	1382400
« am Göpel	65	0,6	39	1123200
Maulesel o. M.	50	1,1	55	1584000
« am Göpel	30	0,9	27	777600
Esel o. M.	40	0,8	32	921600
« am Göpel	14	0,8	11,2	322560

Wasserkraft-Maschinen.

Bezeichnet H das Gefälle in m, Q die Wassermenge in 1 Sekunde in cbm, dann ist der absolute Effekt der Wasserkraft in Pferdestärken

$$Na = \frac{1000 \,.\, Q \,.\, H}{75} = 13{,}333 \,.\, Q \,.\, H.$$

Bezeichnet ferner η den Wirkungsgrad des Motors, dann ist der Nutzeffekt

$$Nn = \eta \,.\, Na.$$

Wasserräder.

Vortheile: Einfache, billige Anlage, einfache Wartung und leichte Ausbesserungsfähigkeit; gute Anpassung an veränderliche Wassermengen; Unempfindlichkeit gegen Grundeis. Wasserräder laufen im Allgemeinen viel langsamer als Turbinen und sind deshalb da zu empfehlen, wo die Arbeitsmaschinen geringe Tourenzahlen haben (Hammerwerke etc.)

Dagegen lassen sich bei Gefällen über 12^m und Leistungen über rd. 50 P.S. Wasserräder zweckmässig nicht mehr bauen.

Wirkungsgrade bei guter Konstruktion:

Für unterschlächtige Räder	$\eta = 0{,}3—0{,}35$
« tiefschlächtige Kropfräder	« $= 0{,}4—0{,}5$
« Kropfräder mit Ueberfalleinlauf	« $= 0{,}6—0{,}7$
« rückenschlächtige Zellenräder mit Kulisseneinlauf .	« $= 0{,}6—0{,}7$
« oberschlächtige Räder, kleines Gefälle H $<$ 5^m . . .	« $= 0{,}5—0{,}6$
« « « grosses « H = 5—12^m .	« $= 0{,}6—0{,}75$

Umfangsgeschwindigkeit v in m in 1 Sekunde:

Für unterschlächtige Räder	$v = 0{,}4 \cdot \sqrt{2gH}$
« Poncelet-Räder	« $= 0{,}55 \cdot \sqrt{2gH}$
« Zuppinger-Räder	« = ca. 1^m
« alle übrigen Räder	« = 1,5—2^m.

Halbmesser R:

Für unterschlächtige Räder	R = 2—3,5^m
« Poncelet-Räder	« = 2 H
« Schaufel-Räder mit Kropf	« = ca. 1,25 H
« rückenschlächtige Räder	« = ca. 0,7 H
« Zuppinger-Räder	« = H bis 1,25 H.

Die Füllung des Wasserrades oder das Verhältniss zwischen dem Volumen der Wassermasse, welches ein Schaufel- oder Zellenraum aufnimmt zum Inhalt eines solchen Raumes, betragen:

Für unterschlächtige Räder	$\frac{1}{m} = 1/2$
« Kropfräder mit Ueberfalleinlauf .	$\frac{1}{m} = 1/2—2/3$
« Zellenräder	$\frac{1}{m} = 1/5—1/3$.

Wenn man die Schaufeldicke vernachlässigt, so ist

$$\frac{1}{m} = \frac{Q}{a \cdot b \cdot v},$$

a = Radtiefe in m, b = Radbreite in m.

Radtiefe a:

Für Schaufelräder	a = 0,35—0,50^m
« Zuppinger-Räder	« = 1,00—1,6 «
« Zellenräder	« = 0,20—0,4 «
Schaufel-Theilung	= 30—50^{cm}.

Turbinen.

Eigenschaften: Ausnutzung beliebig grosser Gefälle, rascher Gang hoher Wirkungsgrad; variables Unterwasser (Rückstau) gestattet.

Zur Umhüllung von Maschinentheilen aller Art, Pumpen, Röhren, Wasserkrahnen, Leitungen etc. empfiehlt sich die von der Bezirksanstalt Hilbersdorf bei Freiberg in Sachsen in den Handel gebrachte Flachstrohseilverpackung.

Wahl der Wassermotoren (nach Civilingenieur Abegg in Zürich).

Gefälle in Metern.	Wassermenge entweder constant oder wenig veränderlich.	Wassermenge und Gefälle veränderlich.
0,1—0,3	Unterschlägiges Rad in freiem Strom oder Poncelet-Rad.	Unterschlägiges Rad (schwimmend).
0,3—1	Sagebien- oder Zuppinger-Rad. Aus Billigkeitsrücksichten auch unterschlägiges Rad im Gerinne.	Zuppinger- oder Sagebien-Rad.
1—3	Mit oder ohne Stauwasser { Zuppinger-Rad od. Reactions-Turbine (z. B. Jonval). Letztere voll beaufschlagt.	Reactions-Turbine (z. B. Jonval) mit Regulir-Apparat und Luftzuführung im inneren Kranz. Wenn das Stauwasser unter 1^m beträgt: Zuppinger-Rad.
3—6	Mit oder ohne Stauwasser { Reactions-Turbine (z. B. Jonval). Actions- « (z. B. Girard).	Reactions-Turbine mit Regulir-Apparat oder Actions-Turbine mit Hänel's Rückschaufeln gegen Unterwasser. Wenn das Stauwasser unter $0{,}5^m$ beträgt: rück- oder oberschlägiges Rad oder Zuppinger-Rad.
6—12	Mit oder ohne Stauwasser { Reactions-Turbine (z. B. Jonval) Actions- « (z. B. Girard).	Reactions-Turbine mit Regulir-Apparat oder Actions-Turbine mit Hänel's Rückschaufeln gegen Unterwasser. Wenn das Stauwasser unter $0{,}5^m$ beträgt: Oberschlägiges Rad.
12—24	Bis 2pferd.: Schmid's Motor. Für grössere Kräfte Actions-Turbinen (z. B. Girard).	Actions-Turbine (z. B. Girard) mit Regulir-Apparat.
24—50	Bis 4pferd.: Schmid's Motor. Für grössere Kräfte Actions-Turbinen (z. B. Girard).	Actions-Turbine (z. B. Girard) mit Regulir-Apparat.
50—100	Bis 6pferd.: Schmid's Motor. Für grössere Kräfte Actions-Turbinen (Schwamkrug) mit innerer Beaufschlagung.	Actions-Turbinen (Schwamkrug) mit Regulir-Apparat und innerer Beaufschlagung.
100—300	Actions-Turbine (Schwamkrug) mit innerer Beaufschlagung.	Actions-Turbinen (Schwamkrug) mit Regulir-Apparat und innerer Beaufschlagung.

Digitized by Google

Bezeichnungen:

β_0 = Austrittswinkel aus dem Leitrad,
β_1 = Eintrittswinkel in das Laufrad,
β_2 = Austrittswinkel aus dem Laufrad,
u_0 = absolute Austrittsgeschwindigkeit aus dem Leitrad,
v = Umfangsgeschwindigkeit,
η = Wirkungsgrad,
n = Tourenzahl in 1 Minute.

	β_0 °	β_1 °	β_2 °	u_0	v	η
Axiale Reactionsturbine:						
H < 3 m, Q > 4 cbm . . . (Jonval)	24	78	16—30	$0{,}7\sqrt{2gH}$	$0{,}65\sqrt{2gH}$	0,75
H = 1,5—8 m, Q = 1—5 cbm (Jonval)	20	80	16—30	$0{,}7\sqrt{2gH}$	$0{,}63\sqrt{2gH}$	0,75
H = 8—12 m, Q = 1—1,5 cbm	15	82	16—30	$0{,}7\sqrt{2gH}$	$0{,}59\sqrt{2gH}$	0,70
Axiale Actionsturbine:						
H = 0,5—2 m, Q > 4 cbm . (begrenzter Strahl):	30	120	22—25	$0{,}89\sqrt{2gH}$	$0{,}5\sqrt{2gH}$	0,74
H = 1,5—8 m, Q = 1—5 cbm	$22\frac{1}{2}$	135	20	$0{,}89\sqrt{2gH}$	$0{,}46\sqrt{2gH}$	0,73
H > 8 m, Q < 1,25 cbm . .	15	150	16—20	$0{,}89\sqrt{2gH}$	$0{,}43\sqrt{2gH}$	0,72

Axiale Actionsturbinen mit freiem Strahl (Girard) können nicht im Unterwasser waten; dagegen ist η um 3—4 % grösser, diese Turbinen müssen ventilirt werden.

Mittlerer Halbmesser $R = 9{,}55 \frac{v}{n}$.

Laufradhöhe = ca. $0{,}08 + \frac{R}{7{,}5}$ in m.

Für grosse variable Wassermengen und variables Unterwasser baut man heute vielfach von aussen beaufschlagte radiale Reactionsturbinen (Francis) mit kurzem Saugrohr und Fink'scher Regulirung.

Dampfmaschinen.

1. Dampfkessel.

Bezeichnet:

H = Heizfläche des Kessels in qm,
R = Rostfläche in qm,
D = Dampfproduktion des Kessels in 1 Stunde in kg,
B = Brennmaterialverbrauch in 1 Stunde in kg,
η_F = Wirkungsgrad der Feuerung,
η_H = « « Heizfläche,
$\eta = \eta_F \cdot \eta_H$ = Wirkungsgrad der gesammten Kesselanlage.
T_1 = Temperatur der Heizgase über dem Rost,
T_2 = « « « am Ende des Kessels.

Mit diesen Bezeichnungen bekommt man bei mittleren Dampfspannungen für Kessel mit direkter Heizfläche (Unter- oder Innenfeuerung) bei Verfeuerung mittlerer Steinkohlen (absoluter Heizwerth 7500 cal) für die verschiedenen Forcirungsgrade folgende Tabelle:

Digitized by Google

$\frac{B}{H}$	Art des Betriebes.	η_F	η_H	η	$\frac{D}{B}$ ohne Vorwärmer	$\frac{D}{B}$ mit Vorwärmer	T_2	$\frac{D}{H}$	$\frac{H}{R}$ qm	$\frac{B}{R}$ kg
1	Langsame Verbrennung, theueres Brennmaterial . .	0,85	0,87	0,74	8,5	9,8	—	9 10	50	50
1	Maximum	0,90	—	—	9,0	11,5	—	—	—	—
2	Geschonter Kessel, gute Wärmeausnützung	0,85	0,80	0,68	8	9	240°	16—18	25—40	50—75
3	Normal	0,85	0,72	0,61	7	8	340°	21—24	25	75
5	Lebhafte Verbrennung, angestrengte Lokomobile . . .	0,85	0,61	0,52	6	7	472°	30—34	20	100
7	Lokomotiv-Schiffskessel, künstl. Zug	0,75	0,67	0,50	5,5	6	480°	39—44	55	300—500

Brennmaterialien.

Brennstoff.	Absoluter Heizwerth cal.	Praktische Verdampfziffer	Theoretische Luftmenge kg	Wirkliche Luftmenge kg	Schichthöhe auf dem Rost cm
Steinkohle . .	7500	5—9	10,9	21	6—30
Koks	6700	5—8	9,9	19	20—50
Braunkohlen .	4500	2—4	7	13	15—20
Torf	3000	2—3	5,4	10	bis 50
Holz	2800	2,5	4,75	9	« 50

Um 1 kg Dampf zu erzeugen sind im Mittel ca. 650 cal nöthig; mit Vorwärmer nur ca. 570 cal.

T_1 ist bei Unter- und Innenfeuerung ca. 900°, bei Vorfeuerung ca. 1200°.

Maximale Rostfläche 2,25^m lang, 1,75^m breit, $R_{max} = 4$ qm.

Schornstein.

Bei 16^m Höhe ist oberer Schornsteinquerschnitt $\Omega = \frac{R}{4}$

« 25 « « « « « « $= \frac{R}{5}$

« 36 « « « « « « $= \frac{R}{6}$

$$\text{allgemein } \Omega = \frac{R}{\sqrt{Hs}}.$$

Schornsteinhöhe Hs = rd. 25 mal lichter oberer Durchmesser.

Bei einer rationellen Anlage soll die Temperatur im Schornstein nicht viel über 300° betragen.

2. Dampfmaschinen.

Es bezeichne:

Ni die indicirte Leistung der Maschine in Pferdekräften,

Nn $= \eta$. Ni die effektive Leistung der Maschine in Pferdestärken,

η den Wirkungsgrad,

p die absolute Admissionsspannung in kgcm,

q die Gegendruckspannung,

Digitized by Google

$pm = Ke \cdot p$ der mittlere Triebdruck hinter } dem Kolben.
$qm = Ka \cdot q$ « « Gegendruck vor }
D Cylinderdurchmesser in cm,
s Kolbenhub in m,
s_n das Stück des Hubes bis zur Absperrung,
s_c das Stück des Kolbenhubes bis zum Beginn der Kompression,
v = Kolbengeschwindigkeit in m/Sek.
n = Umdrehungszahl pro Minute,

dann ist:

$$Ni = \frac{\frac{\pi}{4} D^2 \cdot (pm - qm)\, v}{75} \quad \text{und} \quad v = \frac{s \cdot n}{30}$$

$$\frac{\pi}{4} D^2 = \frac{75 \cdot Ni}{(pm - qm) \cdot v}$$

$$Nn = \frac{\eta \frac{\pi}{4} D^2 (pm - qm) \cdot v}{75} \quad \text{und} \quad \frac{\pi}{4} D^2 = \frac{75 \cdot Nn}{\eta (pm - qm) \cdot v}$$

Der Gegendruck q beträgt bei Kondensationsmaschinen 0,15 bis 0,3 kg/cm, bei Auspuffmaschinen 1,1—1,5 kg/cm.

Der Wirkungsgrad η schwankt je nach Grösse und Ausführung der Maschine zwischen 0,7 und 0,85.

Kolbengeschwindigkeit v bei gewöhnlichen Betriebsmaschinen $v = 0{,}9—2^m$; äusserste Grenzen $0{,}5—6^m$.

Tabelle der Werthe Ke für verschiedene Füllungsgrade $\frac{s_n}{s}$ bei einem schädlichen Raum von 5%:

$\frac{s_n}{s}$ =	7/8	3/4	5/8	1/2	1/3	1/4	1/5	1/6	1/8	1/10	1/12	1/14	1/16	1/18	1/20
Ke =	0,99	0,97	0,92	0,85	0,72	0,63	0,56	0,51	0,44	0,40	0,36	0,33	0,31	0,30	0,28

Tabelle der Werthe Ka für verschiedene Verhältnisse $\frac{s_c}{s}$ bei einem schädlichen Raum von 5%:

$\frac{s_c}{s}$ =	0,94	0,90	0,86	0,82	0,78	0,74	0,70
Ka =	1,03	1,06	1,11	1,17	1,23	1,30	1,38

Dampf- und Kohlenverbrauch:

6 Atmosphären Dampfüberdruck im Kessel.	Dampfverbrauch für 1 eff. P. S. und 1 Stunde kg	Kohlenverbrauch für 1 effect. P. S und 1 Stunde bei sechsfacher Verdampfung.	achtfacher Verdampfung.
Kleine billige Maschine mit einfachen Muschelschieber .	27	4,5	3,4
Dampfmaschine ohne Kondens. mit etwa D = 30 cm und $\frac{s_n}{s} = 0{,}3$	20	3,3	2,5
Kondensations-Maschine ohne Dampfmantel mit $\frac{s_n}{s} = 0{,}2$.	15	2,5	1,9
Kondensations-Maschine mit Mantel, kleinen schädlichen Räumen $\frac{s_n}{s} = 0{,}12$	11	1,8	1,4
Grosse Compoundmaschinen .	8	1,3	1,0
Dreizylindermaschine (p = 10 Atm.)	6,6	1,1	0,82

Digitized by Google

Gasmotoren aus der Gasmotorenfabrik Deutz in Köln-Deutz.

1. Stehende Anordnung, eincyl. Mod. H_2 mit Ventilsteuerung und Glührohrzündung, für Gewerbebetrieb.

Maschinengrösse in Pferdekräften	1	2	3	4	6	8	10	12
Länge des Motors in m	0,9	0,95	1,05	1,1	1,2	1,35	1,5	1,5
Breite « « « «	1,0	1,1	1,15	1,25	1,3	1,35	1,45	1,45
Höhe « « « «	1,25	1,3	1,35	1,4	1,45	1,6	1,7	1,7
Preis « « « Mark	900	1200	1450	1800	2400	2700	3300	3600
Umdrehungszahl in 1 Minute . . .	300	300	300	300	300	300	300	300
Durchmesser des Schwungrades m	1,00	1,10	1,15	1,25	1,30	1,33	1,45	1,45
« der Riemscheibe m .	0,15	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,60
Breite « « « .	0,15	0,17	0,19	0,21	0,25	0,29	0,33	0,33
Erforderliche Höhe zum Herausnehmen des Kolbens m . . .	1,75	1,90	2,00	2,15	2,20	2,45	2,60	2,60

2. Liegende Anordnung, eincyl. Mod. E_3 mit zwangläufiger Ventilsteuerung u Glührohrzündung f. Gewerbebetrieb.

Maschinengrösse in Pferdekräften	1	2	3	4	6	8	10	12	14	16	20	25
Länge des Motors in m	1,47	1,74	2,00	2,16	2,36	2,64	2,85	2,85	3,17	3,17	3,61	3,61
Breite des Motors in m	0,64	0,79	0,91	0,99	1,11	1,26	1,41	1,41	1,54	1,54	1,86	1,86
Höhe des Motors in m	1,4	1,5	1,57	1,65	1,7	1,77	1,82	1,82	1,9	1,9	1,95	1,95
Preis des Motors in Mark	1050	1350	1650	2000	2650	3000	3600	3900	4350	4800	5500	6250
Umdrehungszahl in 1 Minute . .	250	250	250	240	240	220	200	200	200	200	200	200
Durchmesser der Riemscheibe m .	0,20	0,30	0,35	0,40	0,50	0,60	0,70	0,85	0,95	1,00	1,20	1,40
Breite der Riemscheibe m . . .	0,15	0,17	0,21	0,25	0,29	0,31	0,35	0,35	0,37	0,37	0,39	0,41
Gewicht d. Motors netto kg . . .	380	560	780	960	1250	1900	2400	2500	3300	3400	3800	4400

Gasverbrauch für 1 effektive Pferdekraft und Stunde 0,5—0,7 Leuchtgas und 0,25—0,35 Oelgas.

Zweicylindrische Gasmotoren werden bis zu Leistungen von 300 P.S. gebaut.

XVIII. Notizen über Grund-Erwerb und Nutzungs-Entschädigung.

Die für eine zweigleisige Haupt-Bahn mit Neben-Anlagen, für seitliche Boden-Entnahmen und Ablagerungen, an Landabschnitten, für kleinere Bahnhöfe und Haltestellen zu erwerbenden Flächen können gerechnet werden, unter sehr günstigen Terrain- und wirthschaftlichen Verhältnissen pro Kilometer zu etwa . . . . . 2—3 Hectar,
unter mittleren Verhältnissen zu . . . . . 3,3 «
unter ungünstigen Verhältnissen zu . . . . . 4 «

Bei Veranschlagungen kann man annehmen, dass der ortsübliche Preis der Ländereien beim Ankauf für Eisenbahnbauten um 20 bis 50 % überschritten wird. Für Wirthschafts-Erschwernisse und Umwege sind 20 bis 30 % des Gesammtwerthes, bei wenig parcellirtem Terrain 10 bis 15 % in Ansatz zu bringen; an Cultur- und Nutzungs-Entschädigungen 8 bis 10 %. —

Von der Baugesellschaft Plessner & Co. sollen auf neuen Linien im mittleren Deutschland im Durchschnitt folgende Preise incl. der Kosten für alle Neben- und Wirthschaftserschwernisse bezahlt sein:

Digitized by Google

pro Ar	Waldblösse und Haide	7½ Mk.
« «	Kiefern- und Fichtenschonung, excl. Holz	10½ «
« «	Nadel- und Laubholz — Wald — Mittelschlag (ohne Holz)	13½—15 «
« «	Nadel- und Laubholz — Hochwald	19½—24 «
« «	Acker IV. und geringerer Classe	13½—18 «
« «	« III. u. II. Cl. (Roggen- u. Gerstenboden)	27—36 «
« «	« I. Cl. (Weizen- und Rapsboden)	45—60 «
« «	« I. Cl. bei kleinen Parcellen in der Nähe der Ortschaften	75 «
« «	Weiden	12 «
« «	einschürige Wiesen	24 «
« «	zwei- und dreischürige Wiesen	48—60 «
« «	Dorfgärten und Gemüseländer	90—105 «
« «	Stadtgärten, Weinberge und ähnliche werthvolle Besitzungen	105—135 «
Bauplätze pro □Meter		3—9 «
Gute Obstbäume v. 15—40 Jahre Alter, pro Stück (excl. Holz)		18—60 «
Jüngere tragfähige Bäume		5—12 «
Weinstöcke, je nach Lage und Alter		1½—8 «
Lebende Hecken pro lfd. Meter		½—1½ «
In Baumschulen der Stamm		½—1 «
Torfstiche, je nach Mächtigkeit pro Ar		12—30 «
Kohlenlager unter dem Bahnterrain, nach Mächtigk. pro Ar		45—60 «

Versetzen u. Umbauen ländl. Gebäude kostet pro □Meter Grundfläche

für ein zweistöckiges ländliches Wohnhaus	ca.	60—80 Mk.
« « einstöckiges « «	«	40—60 «
« einen Stall mit Halbgeschoss	«	40—50 «
« « Pferde- oder Kuhstall	«	30—40 «
« « Schafstall, Schweine- oder Federviehstall	«	20—30 «
« massive Scheunen	«	45—60 «
« Scheunen im Fachwerk	«	30—45 «
« das Abbrechen eines Strohdaches, Verstärken des Dachstuhles und Decken mit Ziegeln	«	7½—10 «

Die Kosten für Leitung des Grund-Erwerbs, für Vermessungen, Taxationen, Gerichtsgebühren können pro Kilometer

bei wenig parcellirtem Terrain zu	430—700	Mk.
« mehr « « «	700—1200	«

gerechnet werden.

Die Gesammtkosten für Grunderwerb haben nach Plessner bei den ersten Schlesischen Bahnen (1854 bis 1862) pro Kilometer 5800 Mk.

bei Bahnen in der Nähe von Halle	18200 «
« « am Rhein	19000 «
auf der Oberlausitzer Bahn (viel Wald und Sand)	6000 «
auf den neuesten Bahnen in Schlesien	14400 «
auf einigen neuen Linien am Rhein und in Hessen	22400—24000 «

betragen und nach Procenten des ganzen Anlagekapitals im ebenen und Hügellande in Nord- und Ostdeutschland bei mittlerem Culturboden im grossen Durchschnitt 8%, in Bergländern, Schlesien, Thüringen, Rheinland 10—12%.

Als weiterer Anhalt für Nutzungs-Entschädigung dienen nachstehende landwirthschaftliche Daten, welche für 1 Hectar angegeben sind:

Bestellungskosten.

Pflügen: 35 cm tief 40 Mk., 20 cm tief 30 Mk., 10—15 cm tief 20 Mk.

Eggen: Gewöhnlicher Eggestrich 1 Mk., schottischer Eggestrich 2 Mk. (Rüben und Hafer sind bei schweren Boden 6—8 Mal, andere Fruchtarten 4 Mal zu eggen.)

Walzen: Mit der leichten Walze 50 Pf., mit der schweren Walze 1 Mk.

Düngen: Ausstreuen des Kunstdüngers 80 Pf., Ausstreuen des Mistes 2 Mk. Einlegen ebensoviel.

Säen: Mit der Hand 80 Pf., mit der Maschine 3—5 Mk.

Aussaat: Roggen, Landweizen, Hafer 190 kg, Shirrif-Weizen 240 kg. Gerste 160 kg, Bohnen 330 kg.

Erntekosten.

Mähen, Binden, Aufstiegen, Harken: Bei Winterfrucht 14 Mk. bei Sommerkorn 11 Mk. 50 Pf.

Ertrag: Roggen und Weizen 800—4000 kg, Bohnen 1200—2800 kg.

XIX. Neben- und Kleinbahnen.

A. Nebenbahnen.

Die Nebenbahnen haben wenig oder gar keinen Durchgangsverkehr und befördern entweder Personen und Güter oder Personen allein und Güter allein.

Die Nebenbahnen, welche Personen- und Güterverkehr aufweisen, werden nach der „Bahnordnung für die Nebenbahnen" gebaut und betrieben. Sie haben verschiedene Spurweite, und zwar die normale von 1,435^{m}, oder eine schmälere von 1,0^{m} oder 0,75^{m}. Wenn die Nebenbahn dazu dienen soll, Massengüter der Hauptbahn zuzuführen, so ist es zweckmässig, die normale Spur zu wählen, weil dann die Güterwagen ohne Umladen direct auf die Hauptbahn übergehen können.

Die Kosten der Schmalspurbahn verhalten sich zu denen der Hauptbahn wie 3 : 4. Auch entscheiden die nothwendig werdenden Curvenradien über die Frage der normalen oder schmalen Spur, weil engere Curven als von 150^{m} R. von den jetzt gebräuchlichen Wagen der Hauptbahnen ihres grossen, festen Radstandes halber nicht durch laufen werden können. Die Secundärbahnen werden ganz dem muthmaasslichen Verkehr angepasst und so einfach und billig gebaut als möglich, sollten aber niemals auf Kosten des Betriebes mit den den Bau billiger machenden stärkeren Steigungen und auch ausnahmsweise nur mit engeren Curven als nothwendig tracirt werden.

Im Gebirge wendet man Zahnradbahnen zur Ueberwindung stärkerer Steigungen an. Das bewährteste und betriebssicherste System ist gegenwärtig dasjenige von Riecker, Abt und Co. in Würzburg, wobei drei Zahnstangen in der Mitte des Geleises nebeneinanderliegen und ein gleichzeitiges Eingreifen mehrerer Zahnräder in die Zahnstangen stattfindet.

Die Ermittelung des Verkehrs ist schwierig, hängt jedoch — unter Berücksichtigung des Landes und speciell der Gegend — namentlich von der Einwohnerzahl der Stationsorte ab. Es kann daher nach Plessner für Landstriche, auf denen ca. 80 Menschen auf 1 qkm wohnen, die Bruttoeinnahme der Secundärbahn ausgedrückt werden durch die Formel:

$$E = \frac{Z \,.\, 1{,}1}{80 \,.\, L} \left[m \,.\, P \,.\, \Sigma\,(e\,t) + n \,.\, T \,.\, \Sigma\,(e\,d) \right] \text{ pro km in Mark,}$$

in welcher bezeichnet: Z die ermittelte Volkszahl der Gegend pro Quadratkilometer; e die Einwohnerzahl des betreffenden Stationsortes, dessen Entfernung von der Endstation (Anschlussstation an die Hauptbahn) = t in km; d die mittlere Weglänge der transportirten Güter in km; P der Tarifsatz pro Personenkilometer = 0,05 Mk. im Durchschnitt; T der Tarifsatz pro Tonnenkilometer = 0,15 Mk. im Durchschnitt; L die Länge der Bahn in km; ferner sind die Werthe von m und n:

a) für Gegenden, in denen lediglich Viehzucht und Ackerbau getrieben wird:

m = 7 Reisende pro Kopf der Stationsorte und pro Jahr,
n = 1,5 Tonnen Güter pro Kopf der Stationsorte und pro Jahr;

b) für Gegenden, in denen Ackerbau, Handel und etwas Industrie vorkommt;

m = 10 Reisende pro Kopf der Stationsorte und pro Jahr,
n = 2,5 Tonnen Güter pro Kopf der Stationsorte und pro Jahr;

c) für Gegenden, in denen eine lebhafte Industrie vorhanden ist:

m = 12 Reisende pro Kopf der Stationsorte und pro Jahr,
n = 3—4 Tonnen Güter pro Kopf der Stationsorte und pro Jahr.

Ferner sind nach Plessner die Betriebs-Ausgaben der Secundärbahnen nach folgender Formel zu berechnen:

$$A = \frac{\alpha \,.\, n + 6000 \sqrt{L} + (4000 + 200\,L) + 0{,}08 \,.\, E}{L}$$

pro Bahnkilometer und Jahr in Mark.

Darin bedeutet: α einen Coëfficienten, welcher für Bahnen mit 10‰ Steigungen = 0,5, für Bahnen mit 10—25‰ Steigungen = 0,6, und für Bahnen mit mehr als 25‰ Steigungen = 0,7 ist; n die jährlich zu leistenden Nutzkilometer; L die Bahnlänge in km; E die Bruttoeinnahme der Bahn pro Jahr in Mark. Das erste Glied (α n) drückt die gesammten Transportkosten mit Personal und Instandhaltung der Be-

triebsmittel aus; das zweite Glied $(6000 \sqrt{L})$ stellt die Stations- und Bahn-Unterhaltungs-Kosten dar; das dritte Glied $(4000 + 200\ L)$ die allgemeinen Verwaltungskosten; das vierte Glied $(0{,}08\ E)$ gibt (als 8% aller Einnahmen) die Einlagen für den Reserve- und Erneuerungsfond wieder.

Der Zugwiderstand auf horizontaler und gerader Bahn ist $W_1 = w\ (Q + L + T)$ in kg; auf horizontaler Bahn in Curven ist $W_2 = (Q + L + T)\ (w + \frac{1{,}7}{R} - 0{,}002)$ in kg; auf gerader Bahn und auf Steigungen, resp. Gefällen $W_3 = (Q + L + T)\left(w \pm \frac{1}{n}\right)$ in kg; in Curven und auf Steigungen, resp. Gefällen $W_4 = (Q + L + T) \times \left(w + \frac{1{,}7}{R} - 0{,}002 \pm \frac{1}{n}\right)$ in kg; worin w den Widerstandscoëfficienten bedeutet, welcher für Güterzüge $= 0{,}003$, für Personenzüge $= 0{,}0055$ und für Schnellzüge $= 0{,}010$ ist, R der Curvenradius in Metern bedeutet und $\frac{1}{n}$ das Neigungs-Verhältniss der Bahn, Q das Gewicht aller Wagen eines Zuges in kg, L das Gewicht der Locomotive in kg, T das Gewicht des Tenders in kg ist.

Die Zugkraft der Locomotive ist:

$Z = 4{,}0\ (Q + L + T)$ in kg für Güterzüge,
$Z = 6{,}5\ (Q + L + T)$ « « « Personenzüge,
$Z = 11{,}0\ (Q + L + T)$ « « « Schnellzüge.

Die Betriebslänge (virtuelle Länge) einer Bahn ist nach der Ghega'schen Formel zu bestimmen:

$$L_1 = \Sigma\,(l) + \Sigma\left[l_1\left(1 + \frac{100}{n}\right)\right] + 0{,}75\,\frac{\Sigma\,(\alpha)}{360} \text{ in km,}$$

worin $\Sigma\,(l)$ die Summe der Längen aller horizontalen Strecken in km; $\Sigma\,(l_1)$ die Summe der Längen der in Steigungen liegenden Strecken in km; $\frac{1}{n}$ das Steigungsverhältniss; $\Sigma\,(\alpha)$ die Summe der Centriwinkel aller auf der Strecke vorkommenden Curven in Graden bezeichnet.

Die Länge eines Zuges setzt sich aus Locomotive und Wagen zusammen. Eine Tenderlocomotive für Secundärbahnen hat $6{,}0^m$ und mehr Länge. Die Länge eines vierräderigen Wagens ist

bei Personenwagen mit Seitenthüren $L = 1{,}76\ t + 1{,}40$ in Metern,
« « « Mittelgang $L = 1{,}76\ t + 2{,}60$ « «
« Güterwagen . . . . . $L = 1{,}76\ t + 1{,}20$ « «

wenn t den Radstand in Metern bezeichnet.

Allgemeine Verhältnisse.	Normalspur.	Schmalspur.	
	$1{,}435^m$	$1{,}000^m$	$0{,}750^m$
Maximal-Steigungen im Flachlande . .	1 : 100	1 : 100	1 : 100
« « « Hügellande . .	1 : 40	1 : 40	1 : 40
Minimal-Radien der Curven i. Flachlande	200^m	100^m	75^m
« « « « « Hügellande	150^m	75^m	50^m
« Kronenbreite in Schienenunterkante	$3{,}00^m$	$2{,}30^m$	$1{,}875^m$
Kronenbreite nach den „Grundzügen“ .	$3{,}30^m$	$2{,}50^m$	$1{,}875^m$
Höhe der Bettung	$0{,}50^m$	$0{,}485^m$	$0{,}475^m$
Mittlere Planumsbreite	$4{,}50^m$	$3{,}76^m$	$5{,}43^m$
Querschnitt der Bettung	1,90 qm	1,50 qm	1,30 qm
Maximal-Raddruck	4500 kg	2500 kg	2500 kg
Länge der Querschwellen	$2{,}14^m$	$1{,}70^m$	$1{,}45^m$
Untere Breite der Querschwellen . . .	$0{,}21^m$	$0{,}15^m$	$0{,}175^m$
Fliehkraft einer Axe in der Minimal-Curve	1200 kg	1337 kg	2000 kg
Verhältniss der Längen der verschied. Spurweiten	$1{,}000^m$	$1{,}015^m$	$1{,}020^m$
Mehrlänge der quer unter der Bahn liegend. Bauwerke gegen die schmälste Spur	$1{,}00^m$	$0{,}30^m$	0^m

Steigungen von 1 : 40—1 : 50 müssen nach mindestens 2000^m mit einer horizontalen oder einer höchstens 1 : 200 geneigten Strecke von mindestens 300^m Länge abwechseln. Zwischen zwei Gegencurven ist eine Grade von mindestens 50^m Länge einzuschalten. Der Uebergang einer Graden in eine Curve ist durch einen Parabelbogen herzustellen.

Der Oberbau derjenigen Secundärbahnen, welche eigenes Planum haben, ist der einer Hauptbahn gleich, nur schwächer construirt. Bei einer Fahrgeschwindigkeit von 24 km pro Stunde und einer Freilage der Schienen von 0,85^{m} genügt eine 95^{mm} hohe Vignolschiene von 23 kg Gewicht pro m. Hölzerne Querschwellen sind 2,2^{m} lang und 0,15 $\times$ 0,20^{m} stark. Die Unterbettung besteht aus Kies, Feinschlag oder Schlacken. Liegt die Bahn aber auf der Strasse und muss erstere zugleich vom gewöhnlichen Fuhrwerk mit benutzt werden, so ist der Trambahn-Oberbau (unter Berücksichtigung der stärkeren Belastung) anzuwenden. Das Holzquerschwellen-System verdient bei Secundärbahnen, wo es nicht auf äusserste Kostenersparniss bei der ersten Anlage ankommt, keinen Vorzug vor den besseren Systemen des eisernen Oberbaus.

In Strassen ist auf der Feldabahn das eiserne Langschwellen-System Hartwich angewendet worden, welches sich aber auf Hauptbahnen und auf Pferdebahnen sowie auch bei der Feldabahn auf den frei geführten Strassen nicht bewährt hat. Neuerdings kommt der Haarmann'sche Langschwellen-Oberbau öfters zur Anwendung, da derselbe sich äusserst ruhig fährt und daher nur einen geringen Verschleiss hat, überdies auch wenig Unterhaltungskosten verursacht.

Die beiden Secundärbahnen von 0,75^{m} Spurweite: Ocholt-Westerstede in Oldenburg und Wilkau-Kirchberg in Sachsen haben Holzquerschwellen-Oberbau und Stahlschienen, erstere von 12,2 kg, letztere von 15,5 kg Gewicht pro lfd. m. Der Oberbau ersterer Bahn kostet fix und fertig 8 Mk., letzterer 11 Mk. pro lfd. m Gleis.

Die Spurerweiterung ist $E = \frac{L^2}{2R} - E^1$, wenn L den Radstand in Meter, R den Curvenradius in Meter, E^1 den Spielraum der Räder in der Geraden in Millimeter bedeutet:

E^1	17^{mm}	12^{mm}	10^{mm}
L	$4{,}5^{m}$	$3{,}5^{m}$	$2{,}5^{m}$
E	$\frac{10}{R} - 17$	$\frac{6}{R} - 12$	$\frac{3}{R} - 10$
Die Schienen-Ueberhöhung in Curven bei 20—25 km Geschwindigkeit pro Stunde	$\frac{10000}{R}$	$\frac{7000}{R}$	$\frac{5000}{R}$

Das Gewicht einer breitbasigen Schiene pro lfd. m ist

$$g = 2{,}0 + \frac{1}{2000}\,\frac{Q}{h} = 0{,}1\ h^2 + {}^3/_4\ h \text{ in kg.}$$

Gewicht von 2 Laschen $= 0{,}012\ g^2 + 1{,}5$ in kg,
Gewicht von 4 Bolzen $= 0{,}003\ g^2 + 1{,}4$ in kg,

wenn Q der Raddruck in kg und h die Höhe der Schiene in cm bezeichnet.

Das Widerstandsmoment einer breitbasigen Schiene ist

$0{,}65\ h + 0{,}00016\ Q$ oder ca. $\frac{Q}{64}$ auf Centimeter bezogen,

oder angen. $= \frac{F \cdot h}{4}$, wenn F die Querschnittsfläche bezeichnet.

Die Gewichte und die Preise der Wagen betragen:

Offener Güterwagen:			
Ladefähigkeit	5000 kg	5000 kg	5000 kg
Eigengewicht	2490 «	2470 «	2370 «
Preis	1200 Mk.	1290 Mk.	1340 Mk.
Bedeckter Güterwagen:			
Ladefähigkeit	5000 kg	5000 kg	5000 kg
Eigengewicht	2995 «	3035 «	3030 «
Preis	1540 Mk.	1680 Mk.	1790 Mk.
Personenwagen (Coupésystem):			
Ladefähigkeit	4000 kg	4000 kg	4000 kg
Eigengewicht leicht	3990 «	4000 «	5120 «
Eigengewicht schwer	4680 «	4200 «	5990 «
Preis	3260 Mk.	3380 Mk.	4330 Mk.
Personenwagen mit Mittelgang:			
Ladefähigkeit	4000 kg	4000 kg	4000 kg
Eigengewicht leicht	— «	— «	5500 «
Eigengewicht schwer	— «	— «	6330 «
Preis	— Mk.	— Mk.	4300 Mk.

Die Locomotiven kosten bei einem Leergewichte g derselben 1000 (3 + 1,3 g) in Mark.

Transporteurs oder Rollböcke zur Beförderung der normalspurigen Wagen auf schmalspurigen Gleisen kosten ca. 4000 Mk. pro Stück.

Anstatt der kleinen steinernen Durchlässe sind meist eiserne Röhrendurchlässe von 80—60 cm Durchmesser zu empfehlen, eventuell sind mehrere Röhren nebeneinander zu legen.

Wegübergänge werden an den Aussenseiten der Schienen gepflastert und dazwischen bekiest. Wegverschlüsse sind nur bei stark benutzten oder schwer zu übersehenden Strassen und Chausseen erforderlich.

Durchlässe und Wegübergänge kosten 2500—3000 Mk. pro km.

Drahtzäune kosten 200—250 Mk. pro km.

Haltestellen sind 250—300^{m} lang. Es genügt ein zweites Gleis und ein etwa 80^{m} Ladegleis, also 3 Weichen. Für jede Station ist dann 1 Aufseher, 1 Weichenwärter und 1 Arbeiter erforderlich. Die Entfernung der Gleise auf den Bahnhöfen beträgt 4,5. Der Curvenhalbmesser der Weichen ist zu 150^{m} anzunehmen. Für die Perrons genügt eine Länge von 40^{m}.

Weichen incl. Herzstück, Weichenbock, Schwellen, Legen etc. kosten, wenn das Herzstück aus Hartguss, 450 Mk., aus Stahlguss 550 Mk., aus breitbasigen Schienen besteht, 450 Mk

Drehscheiben mit eisernem Fundamente und desgl. Wandung, Untermauerung incl. Montirung, von 2,5—3,0^{m} Durchmesser, von 7—12 Tonnen Tragkraft kosten 1000—1200 Mk.

Schiebebühnen zum Verschieben mittelst Hand, versenkt, excl. Mauerung und Herstellung der Grube und des Grubengleises für Radstände von 1,8—2,8^{m}, kosten bei 10—15 Tonnen Tragkraft 800—1000 Mk.

Gleis- (oder Boden-) Waagen von 10—20 Tonnen Tragkraft kosten 2000—3000 Mk.

Drehkrahne, fahrbare, mit ca. 3^{m} Ausladung, 5—10 Tonnen Tragkraft kosten 3500—5000 Mk.; freistehender, ca. 2,5^{m} Ausladung, 5—10 Tonnen Tragkraft, 2000—3500 Mk.; ein Wandkrahn, ca. 2^{m} Ausladung, 2 Tonnen Tragkraft, ca. 800 Mk.

Wasserstation, wünschenswerth in 15 km, nothwendig in 25 km Entfernung; Wasserreservoir 4—5 cb^{m} Inhalt, ohne Gebäude 1200—1500 Mk.; Wasserkrahn fix und fertig ca. 500 Mk.

Die Werkstätteneinrichtung für die nothwendigsten Reparaturen kostet ca. 1200—1500 Mk.; für sämmtliche Reparaturen an Locomotiven und Wagen ca. 30 000—35 000 Mk.

Hochbauten. In der Regel werden vorhandene Räumlichkeiten in den Ortschaften als Warte- und Expeditionslocale benutzt. Die Endstationen erhalten gewöhnlich besondere Gebäude, welche etwa 20 000 Mk. pro Station kosten.

Ferner kostet:

1 kleiner Güterschuppen 50 Mk. pro qm;
1 Locomotivschuppen von 12^{m} Länge und 12^{m} Breite für 3 Tenderlocomotiven, in Fachwerk 15000 Mk.;
1 Abtrittsgebäude 1000 Mk.;
1 hölzerne Laderampe mit Erdböschung 1000 Mk.;
1 bewegliche hölzerne Rampe 120 Mk.;
1 Weichenstellerbude mit Ausrüstung 600 Mk.;
1 Wärterhaus für eine Familie mit Brunnen, Stall und Einfriedigung, massiv 3000 Mk., in Fachwerk 2500 Mk.;
1 Wärterhaus für zwei Familien 5000—6000 Mk.

Das Inventar und Mobiliar incl. Ausstattung der Güterschuppen, des Personals, Beschaffung des Werkzeuges für die Bahnunterhaltung kostet ca. 400—500 Mk. pro km.

Vorarbeiten incl. Anfertigung der Pläne sind mit 650—1000 Mk. pro km zu veranschlagen.

Bauleitung, Bauaufsicht und Verwaltungskosten während der Bauzeit sind mit 3—4% aller Titel in Anrechnung zu bringen.

Die Betriebsverwaltung kostet bei wenigstens 25 km Bahnlänge ca. 200 Mk. pro km.

Die Bahnunterhaltung desgleichen

bei einer Spur von	1,435^{m}	1,00^{m}	0,75^{m}
Oberbau mit Holzschwellen pro km .	610 Mk.	560 Mk.	540 Mk.
Eiserner Oberbau pro km	560 „	540 „	530 „

Die Transportverwaltungskosten nehmen ab mit wachsender Spur, pro km . 1830 Mk. 1900 Mk. 1930 Mk.

Die Umladekosten betragen:

pro Tonne rauhesten Guts, als Erz, Bruchsteine etc. . . .	0,10	Mk.
« « Steinkohle etc.	0,15	«
« « gewöhnlichen, nicht zerbrechlichen Guts . . .	0,25	«
« « zerbrechlichen oder sperrigen Guts	0,50	«

Tarife der Rappoltsweiler Strassenbahn (4 km lang): Für eine Fahrt II. Klasse 0,30 Mk., III. Klasse 0,20 Mk., Kinder von 2—7 Jahren die Hälfte. Volle Wagenladungen unter und bis zu 5000 kg = 8 Mk., 5000—10000 kg = 12 Mk. Eilgut und Gepäck für Stücke bis zu 50 kg = 0,40 Mk., über 50 kg pro 50 kg und jeden Bruchtheil davon 0,30 Mk. incl. Auf- und Abladen. Stückgüter in gewöhnlicher Fracht für jedes Stück bis zu 50 kg = 0,20 Mk., über 50 kg pro 50 kg und jeden Bruchtheil = 0,15 Mk.

Reservefonds 0,1—0,2 % des Anlagekapitals, bis zu 0,5 %.

Erneuerungsfonds: für Beschaffung neuer Locomotiven etc. 6—7 %, neuer Wagen 4—5 %, Oberbau 2—3,5 % der Anschaffungskosten.

Die Betriebskosten betragen durchschnittlich pro Locomotivkilometer 0,60—1,00 Mk. Auf der Ocholt-Westersteder Bahn haben dieselben im Jahr 1880 sogar nur 0,49 Mk. betragen.

Nachstehend sind die Anlagekosten der Nebenbahnen für 1 km berechnet unter der Voraussetzung, dass die Bahnen nicht durch grössere Viaducte, Tunnel und grössere Felseinschnitte vertheuert werden, vielmehr thunlichst einfach hergestellt werden können, unter Anrechnung von Mittelpreisen und unter durchschnittlichen Verhältnissen.

Titel	Bezeichnung	Spurweite 1,435 m		1,0 m		0,75 m	
		Mk.	%	Mk.	%	Mk.	%
1	Grunderwerb	6000	13,0	3000	9,1	2000	7,4
2	Erdarbeiten	7000	15,2	3000	9,1	2000	7,4
3	Einfriedigungen	200	0,4	200	0,6	200	0,7
4	Wegübergänge	700	1,5	200	0,6	150	0,6
5	Durchlässe und Brücken . . .	2500	5,4	2000	6,1	1750	6,5
6	Tunnel	—	—	—	—	—	—
7	Oberbau	17000	37,0	13000	39,4	12000	44,5
8	Signale	500	1,1	200	0,6	200	0,7
9	Bahnhöfe	5000	10,9	4000	12,1	3000	11,1
10	Werkstattsanlagen	200	0,4	200	0,6	200	0,7
11	Ausserordentliche Anlagen . . .	—	—	—	—	—	—
12	Betriebsmittel	4000	8,7	6000	18,2	5000	18,5
13	Verwaltungskosten	1500	3,3	600	1,8	400	1,5
14	Insgemein	1400	3,1	600	1,8	100	0,4
	Zusammen . .	46000		33000		27000	

Bei der Ermittelung vorstehender Kosten ist angenommen, dass die Länge der Bahn 20 km beträgt, ferner, dass die Bahn bei voller Spur ganz auf eigenem Körper, bei schmaler Spur dagegen meistens auf vorhandenen Wegen angelegt werden kann. Die Anlagekosten für Betriebsmittel sind bei schmalspurigen Bahnen grösser als bei vollspurigen, da im ersteren Falle die gesammte Frachtmenge auf eigenen Wagen befördert werden muss und daher etwa das Dreifache an Wagenzahl erforderlich ist als bei vollspurigen Bahnen.

Als weiteren Anhalt für die Kosten von Nebenbahnen mögen die Angaben von Laistner dienen. Derselbe berechnet unter Berücksichtigung der sonst noch zu machenden Zuschläge für Bauzinsen etc. die gesammten Anlagekosten bei etwa 20 km Bahnlänge und 15 km Geschwindigkeit in der Stunde:

Digitized by Google

	bei 1,435m	1,0m	0,75m Spurweite
1. für den günstigsten Fall für 1 km	auf 32—35 000 Mk.	29—32 000 Mk.	27—30 000 Mk.
2. unter mittleren Verhältnissen	49—55 000 Mk.	43—48 000 Mk.	36—42 000 Mk.
3. bei schwierigen Terrain- und Betriebsverhältnissen	68—77 000 Mk.	54—65 000 Mk.	44—53 000 Mk.

Die Betriebskosten ändern sich bei den verschiedenen Spurweiten nur unwesentlich. Bei 3—4 Zügen für 1 Tag hin und her belaufen sich die eigentlichen Betriebskosten ausschl. der Unterhaltung des Oberbaues und der Betriebsmittel auf 1900—2900 Mk. Sollen die Wagen und die leichteren Locomotiven der Normalbahnen auf die Nebenbahnen übergehen können und hierdurch ein stärkerer Oberbau nothwendig werden, so vermehren sich die Anlagekosten der normalspurigen Nebenbahn um 1000—3500 Mk. für 1 km. Dagegen betragen die Umladekosten bei den schmalspurigen Bahnen je nach dem Umfang des Verkehrs und der Beschaffenheit der Güter 50—250 Mk. für 1 km.

Die Kosten von Nebenbahnen, welche in der Hauptsache auf schon vorhandene Strassen gelegt werden können, verringern sich nach demselben Autor um etwa 1/3 unter sonst gleichen Verhältnissen.

B. Kleinbahnen.*)

Bahnen, welche bestimmt sind lokalen Personen- oder Güterverkehr den durchgehenden Bahnen zuzuführen, können als „Kleinbahnen" nach dem Bau und Betrieb erleichternden „Gesetze über Kleinbahnen und Privatanschlussbahnen vom 28 Juli 1892 ' (S. S. 144) gebaut werden. Die durch den geringen Verkehr bedingte Billigkeit wird durch möglichst ausgedehnte Benutzung vorhandener Strassen und Anschmiegung der Bahnlinie an das Gelände, also durch Anwendung starker Steigungen und scharfer Krümmungen erreicht. Da sich dieses mit der normalen Spur selten erzielen lässt, so wird meistens die Anwendung einer schmäleren Spur geboten sein. Ein Ueberlaufen der Fahrzeuge der Haupt- und Nebenbahnen auf die Kleinbahn ist dann zwar ausgeschlossen, jedoch lässt sich ein Uebergang dieser Wagen durch Rollböcke — Transporteure — ermöglichen, falls ein Umladen der Güter vermieden werden soll.

Spurweite. Bei einer normalspurigen Bahn ist bei der erforderlichen Breite des lichten Raumes von 4,0m die Benutzung der Strassen auf weiten Strecken meistens nicht angängig. Die Anwendung eines kleineren Halbmessers als 150m ist unthunlich. Die normale Spur ist wegen der grösseren Anlagekosten bei einer Kleinbahn wirthschaftlich nur dann gerechtfertigt, wenn ein Ueberlaufen der normalspurigen Fahrzeuge erforderlich ist.

Ausser der normalen Spur von 1,435m Weite ist nach dem Kleinbahngesetze die Anwendung von 1,0, 0,75 und 0,60m Spurweite gestattet.

Die Spurweite von 1,0m bietet aus technischen Gründen für die Kleinbahn die grössten Vortheile. Bei einer Breite des lichten Raumes von 2,7m ist die Benutzung von 7 bis 8m breiten Strassen unbedenklich. Lokomotiven lassen sich rationell und leistungsfähig bauen. Personenwagen sind bequem und Güterwagen können gut ausgenutzt werden. Stabilität der Fahrzeuge ist ausreichend. Betriebskosten stellen sich günstiger als bei den schmäleren Spurweiten.

Bei einer Spurweite von 75 cm ist die Anwendung eines kleinen Krümmungshalbmessers, 50m anstatt 75m bei der Meterspur, statthaft; es ist dadurch ein Anschmiegen an unebenes Gelände gut möglich. Deshalb ist diese Spurweite dort am Platze, wo das verfügbare Baukapital die Anwendung einer Meterspur nicht gestattet, besonders wenn es sich vorwiegend um Güterverkehr handelt. Profil des lichten Raumes beträgt 2,10m. Nachtheile dieser Spurweite sind: Lokomotiven sind zu schmal, um einfach und rationell gebaut werden zu können. Personen-

*) Nachstehende Angaben sind theilweise entnommen aus: „Kritische Betrachtungen über Projektirung, Bau und Betrieb der Kleinbahnen (Bahnen von lokaler Bedeutung) von W. Hostmann, Verlag von J. F Bergmann, Wiesbaden 1895, und Eisenbahn-Technik der Gegenwart I., Verlag von J. F. Bergmann, Wiesbaden 1897. Lokomotiven für Kleinbahnen, von Reimherr und v. Borries.

Digitized by Google

wagen sind weniger bequem und Güterwagen unvortheilhaft. Die Stabilität der gedeckten Güterwagen und Personenwagen ist gering. Daher müssen die Wagen und der Oberbau kräftiger gebaut sein und sorgfältiger unterhalten werden als bei der Meterspur.

Die Bahnen mit 60 cm Spurweite sind leicht und billig, daher für bewegliche Bahnen, wie Feld- und Waldbahnen, mit Vortheil zu verwenden; dagegen sind die Nachtheile, die sich in der Bauart der Lokomotiven und Wagen, in der ungünstigen Standfestigkeit derselben und dem dadurch bedingten Mehraufwand für Anlage und Betrieb schon bei der 75 cm weiten Spur zeigten, bei der 60 cm Spur so erheblich vermehrt, dass die Anwendung dieser kleinsten Spur für Bahnen mit regelmässigem Betriebe als ein wirthschaftlicher Fehler bezeichnet werden muss, selbst bei bedeutenden Terrain-Schwierigkeiten und geringem verfügbaren Anlagekapital.

Lage der Bahn. Vom betriebstechnischen Standpunkte aus betrachtet ist die Lage der Bahn auf eigenem Bahnkörper zu empfehlen; dagegen aus wirthschaftlichen und bautechnischen Gründen ist die Benutzung vorhandener Strassen vielfach vorzuziehen. Im letzteren Falle wird an Grunderwerb gespart, Erdarbeiten und Brückenbauten sind geringer. Vorhandene Wirthshäuser können statt Stationsgebäude verwandt werden. Dagegen sind die Anlage- und Unterhaltungskosten des Oberbaues bei Benutzung der Strassen grösser als auf eigenem Bahnkörper. Das Gleis einer Strassenbahn ist innerhalb eines Ortes in die Mitte der Strasse zu legen, sofern die Strassenbreite dieses gestattet; ausserhalb eines Ortes liegt das Gleis besser seitlich der Mitte, zweckmässig auf dem unbefestigten Theile der Strasse. Bei längeren Bahnen und breiten Strassen ist es vortheilhaft, den Schienenkopf etwa 4 bis 5 cm über Strassenkrone hervorragen zu lassen, bei engen Strassen und Wegübergängen wird das Gleis dagegen vollständig verfüllt.

Bahnen auf eigenem Bahnkörper werden ebenso sorgfältig hergestellt und unterhalten wie bei Hauptbahnen.

Oberbau muss sehr gut beschaffen sein. Zu leichte Schienen und Schwellen sind zu vermeiden. Bei Bahnen auf eigenem Körper sind Holzquerschwellen mit Vignolschienen jedem andern Oberbau vorzuziehen. Bei Strassenbahnen hat sich der Hartwich-Oberbau und bei Pflaster die Rillenschiene bewährt. Bei Querschwellenoberbau soll das Mindestgewicht der Schiene 9,5 kg (m) betragen

Betriebsmittel. Als treibende Kraft kommt Pferdekraft bei regelmässigem Betriebe nur ausnahmsweise zur Anwendung, gewöhnlich Dampfkraft. Die Vereinigung von Motor und Fahrzeug, wie beim Rowan'schen Dampfstrassenwagen, hat sich wenig bewährt.

Es werden Tender-Lokomotiven verschiedener Anordnung und Grösse verwandt, bei welchen zur möglichsten Ausnützung der Zugkraft entweder sämmtliche Achsen gekuppelt sind, oder nur eine schwach belastete Laufachse vorhanden ist. Letztere ist bei grösserer Zuggeschwindigkeit und scharfen Krümmungen einstellbar. Meistens werden Lokomotiven mit drei gekuppelten Achsen verwandt. Reicht diese Anzahl nicht aus, so muss man Lokomotiven mit 2 Triebgestellen nach den Bauarten Meyer, Mallet-Rimrott, Hagans, oder mit einstellbaren Achsen nach den Bauarten Klose, Klien-Lindner oder Doppel-Lokomotiven anwenden.

Bei 600 und 750^{mm} Spur muss die Feuerkiste über oder hinter die Rahmen und Räder gestellt werden Gewöhnlich werden Kastenrahmen Krauss'scher Bauart angewandt. Das Triebwerk wird nach aussen verdeckt, wenn Menschen oder Thiere hineingerathen können. Bei drei gekuppelten Achsen empfiehlt es sich, die mit Spurkränzen versehene Mittelachse so weit verschiebbar zu machen, dass sie in den Krümmungen mit den eigenen Spurkränzen fährt. Diese Anordnung bedingt, dass die dritte Achse Triebachse ist. Die grössten Achsstände sind in § 52 der Grz. f. L. angegeben. Die Kessel erhalten möglichst einfache Form mit runder äusserer Decke und Dampfdome mit Reglergehäuse mit einfachen Sicherheitsventilen. Für die stets aussen liegende Steuerung ist die Anordnung von Stephenson am geeignetsten. Krauss-München wendet oft die Heusinger-Steuerung an, wo es auf gute Dampfausnutzung und verhältnissmässig hohe Leistungen ankommt.

Die Zahl der Bremsklötze an jeder Seite sollte nicht geringer sein, als diejenige der gekuppelten Räder. Zweckmässig wirken an jedem gebremsten Rade 2 Klötze. Als Bahnräumer genügen in der Regel

kräftige wagerechte, meist wellenförmig gebogene Winkeleisen in 75 bis 100^{mm} Abstand von S.O. Die Zugkraft ist nicht über 150 kg für 1 t Triebachslast und die Leistung nicht über 3 P.S. für 1 qm Heizfläche anzunehmen. Nachstehende Zusammenstellung giebt die Hauptabmessungen von einer Anzahl ausgeführter Lokomotiven an.

Verhältniss d. Anzahl d. Triebachsen zur Gesammtzahl d. Achsen	Spurweite	Fabrik	Triebwerk			Kessel			Gewicht			Inhalt	
			Dampfcylind.							im Dienst			
			Durchmesser	Kolbenhub	Triebraddurchmesser	Heizfläche innen	Rostfläche	Dampfüberdruck	leer	Triebachslast	im Ganzen	Wasserbehälter	Kohlenraum
	mm		mm	mm	mm	qm	qm	at	t	t	t	cbm	t
2/3	1435	Linden	270	450	1150	41	0,68	12	14.1	12,6	18,7	2,36	0,70
2/3	1106	Krauss	320/470	500	950	54	1,25	13	—	25	33	3,6	2
2/3	750	Henschel	300	350	700	40	0,80	14	17,5	22,2	16,2	2,2	1,1
2/3	600	Krauss	210	300	620	23	0,43	12	—	12,4	12,4	1,1	0,55
3/4	750	«	295/460	350	780	32	0,60	14	—	17,3	20,7	—	—
3/4	750	«	200	300	620	15	0,36	12	—	8,4	10,9	—	—
3/3	750	«	270	300	680	32	0,52	12	—	15,8	15,8	1,4	0,6
3/3	750	Henschel	230	400	750	23,5	0,50	12	—	10,7	13,4	—	—
3/3	600	Krauss	180	300	580	13	0,30	12	—	8,6	8,6	—	—
2/2	900	Henschel	180	300	630	16	0,43	12	6	9	9	1,05	0,44
2/2	660	Hohenzollern	240	360	700	25	0,42	12	—	13	13	—	—
2. 2/2	600	Jung	195/280	260	600	21	0,5	12	10	13	13	—	—

Für Fahrzeuge bei den Bahnen von 75 und 60 cm Spurweite ist, besonders bei engen Curven, die Anwendung der Truckgestelle geboten. Zur Beförderung der Hauptbahnwagen auf normalspurigen Kleinbahnen mit Krümmungen von weniger als 150^{m} Halbmesser oder auf Schmalspurbahnen von 1,0 und 0,75^{m} Spurweite werden Rollschemel angewandt, mit welchen man Krümmungen von 15^{m} Halbmesser befahren kann. Die Benutzung dieser Rollschemel ist bei Bahnen von 60 cm Spurweite ausgeschlossen. Für die Bremse empfiehlt sich die durchgehende Bremse, die Vakuumbremse, besonders die Körting'sche selbstwirkende Luftsaugbremse hat sich mehr als die Häberleinbremse bewährt.

Hochbauten beschränken sich meistens auf einen Lokomotivschuppen mit angebauter Wasserstation und kleiner Reparaturwerkstatt. Statt der Stationsgebäude können vielfach vortheilhaft Wirthshäuser verwandt werden, die mit einander telephonisch oder, wenn es die Baukosten gestatten, mit einem Telegraphen mit Schreibapparaten verbunden werden.

Baukosten. Anlagekosten ausschliesslich Grunderwerb betragen im grossen Durchschnitt bei Kleinbahnen mit 60 cm weiter Spur, leichtem Oberbau mit 8—10 kg (m) schweren Schienen und leichten Betriebsmittel 12—15000 M. (km); bei 75 cm Spurweite 23000 (Broelthalbahn) bis 28000 Mark (km) (Feldabahn). Die Kosten der 52 km langen Kreisbahn Flensburg-Kappeln stellten sich bei 1^{m} Spurweite, einschliesslich Grunderwerb, auf 24381 M. (km). Die Bahnen von 1^{m} Spurweite im Kreise Euskirchen einschliesslich Grunderwerb auf 33700 M. (km).

Die vorstehend unter Nebenbahnen aufgeführten Einzelpreise sind auch für Kleinbahnen gültig.

XX. Strassenbahnen.

Von A. W. Meyer, Eis.-Bau- u. Betr.-Inspektor.

Die Strassenbahnen dienen zur Erleichterung des Personenverkehrs innerhalb grosser Städte und bevölkerter Vororte. Sie entwickelten sich aus dem Strassenomnibus und wurden anfänglich gleich diesem ausschliesslich durch Pferde betrieben und auch jetzt noch ist diese Betriebskraft bei vielen Bahnen in Anwendung. In den letzten Jahren wird die Pferdekraft immer mehr durch mechanische Krafterzeuger ersetzt. Die erste Pferdebahn wurde 1832 in New-York, in Frankreich (Paris) 1854, in England (Birkenhead) 1860, in Dänemark (Kopenhagen) 1862, in Holland (Haag-Scheveningen) 1863, in Deutschland (Berlin) 1865 und in Oesterreich (Wien) 1867 erbaut.

Allgemeines.

Spurweite. Anfänglich wandte man die normale Spurweite der Eisenbahnen von 1,435^{m} an. Da diese Spur jedoch grosse Bogenhalbmesser bedingt und eine schmälere Spur die Anwendung der gewöhnlichen Wagenbreite von 2,0^{m} gestattet, so werden in neuerer Zeit die Strassenbahnen meist mit Spurweiten von 1,10, 1,0, ja sogar mit 0,75^{m} angelegt. Die Spur von 1,0^{m} erscheint als die zweckmässigste.

Steigungen. Bei Pferdebahnen beträgt die grösste Steigung, welche ohne Anwendung von Vorspannpferden befahren werden können, 1 : 25—1 : 40, mit Vorspannpferden 1 : 14—1 : 20. Bei Strassenbahnen, welche mit Dampfkraft betrieben werden, ist noch eine Steigung von 1 : 12,5 zulässig.

Krümmungen können mit einem Halbmesser von 12—15^{m} angelegt werden, wenn der Radstand nicht über 1,3^{m} gross ist. Bei 25^{m} Halbmesser kann der Radstand 1,8^{m} betragen. Die Ueberhöhung des äusseren Schienenstranges beträgt bei 15^{m} Halbmesser 70^{mm}, bei 100^{m} Halbmesser 10^{mm}.

Gleislage. Bei Strassen von 8^{m} breiter Fahrbahn kann man die Gleisaxe in die Mitte der Strasse legen; bei schmäleren Strassen muss die Gleisaxe an die Seite gerückt werden und es soll dann der Abstand von Bordstein bis Gleismitte bei einer Wagenbreite von 2,0^{m} mindestens 1,25^{m} betragen. Bei einer Strassenbreite von 5,1^{m} kann ein gewöhnlicher Wagen an einem Strassenbahnwagen noch eben vorbeifahren und ist daher dieses die geringste Breite einer Strasse, in welcher eine Strassenbahn angelegt werden kann.

Oberbau. Anfangs wandte man Flachschienen auf hölzernen Langschwellen und Querschwellen an. Bei Pflaster mit Beton-Unterlage kann keine Querschwelle verlegt werden und man ging deshalb zur Sattelschiene über, die auf Langschwellen mittelst Klammern befestigt war; die Querschwellen als Spurhalter wurden durch Verbindungsstangen aus Flacheisen ersetzt. Um den Nachtheil dieses Oberbaues, das Lockern der Schiene, zu beseitigen, ersetzte man den zweitheiligen Oberbau durch eine kräftige, die Langschwelle entbehrlich machende Schiene, die sich der Strassendamm-Befestigung anschliesst und die Anwendung einer starken Stosslasche gestattet.

Von den verschiedenen Oberbauarten, die nach diesen Grundsätzen gebildet sind, haben die drei nachstehenden sich am meisten bewährt.

1) Die Haarmann'sche Zwillingsschiene besteht aus zwei Vignolschienen, die durch Verschrauben und Einlegen von Gussstücken fest mit einander verbunden sind. Die seitlichen Hohlräume der Schiene sind durch Formklinkern und der Zwischenraum der beiden Schienen ist durch Guss ausgefüllt. Die Stosslasche der Laufschiene ist wie bei den Vignolschienen der Eisenbahnen hergestellt. Die Schiene hat eine Höhe von 155^{mm} und eine Stegstärke von 5½^{mm}. 1^{m} Gleis wiegt 73,5 kg und kostet verlegt 14,76—14,96 Mk. Es ist nicht gelungen, durch Einführung eines symmetrischen Radreifens beide Schienen als Lauffläche zu benutzen. Dieser Oberbau hat die Nachtheile, dass sich nach längerem Betriebe ein heftiges Schlagen am Schienenstoss einstellt und dass das Auswechseln und Ausbessern der Stossverbindung sehr kostspielig ist; auch ist in Berlin ein Reissen des Steges bemerkt worden.

Die Einführung des Motorenbetriebes erforderte einen kräftigeren Oberbau und führte zu der

Digitized by Google

2) Phönixschiene, welche aus einer Vignolschiene besteht, in deren Kopf eine Rille eingewalzt ist. Die in Breslau verlegte Schiene hat eine Länge von 10m, eine Höhe von 155mm, eine Kopfbreite von 115mm, eine Fussbreite von 120mm und eine Stegstärke von 9,5mm. Die aus Flacheisen gebildeten Querverbindungen sind in 3m Entfernung angebracht. Die Schienenenden sind unter einem Winkel von 45° abgeschnitten; die Laschen sind 500mm lang. 1m Gleis wiegt einschliesslich der Nebentheile 82 kg und kostet verlegt 12,70 Mk. Ausser dieser Schienenform wird die Phönixschiene in 45 verschiedenen Formen gewalzt, unter denen sich auch solche mit centralem Drucke befinden. Bis jetzt sind über 3000 km Gleise mit Phönixschienen verlegt. Von einer Schienenform mit centralem Drucke liegen in Hamburg über 100 km Gleis. Die Schienenstösse sind so stark verlascht, dass Stösse nicht mehr fühlbar sind. Diese Schiene bildet wohl das zur Zeit beste eintheilige Oberbau-System.

3) Die Haarmann'sche Schwellenschiene. Dieser Oberbau besteht aus einer zweitheiligen Schwellenschiene, nach der Form einer Hartwichschiene gebildet, und einer leichten Schutzschiene zur Bildung der Rille. Der Hohlraum zwischen Lauf- und Schutzschiene ist mit Kies und Cementguss ausgefüllt. Die Laufschiene hat eine Kopfbreite von 45mm, eine Höhe von 155mm, eine Stegstärke von 6mm und eine Fussbreite von 120mm. Die Stösse der Laufschienenhälften sind um 500mm versetzt. 1m Gleis wiegt 98,7 kg und kostet verlegt 16,70—17,20 Mk.; demnach ist 1 km Gleis der Schwellenschiene etwa 5000 Mk. theuerer als bei Anwendung der Phönixschiene.

Die Weichen müssen aus dem widerstandsfähigsten Material hergestellt werden. Man verwendet Hartguss, Stahlguss und Flussstahl dazu. Das Weichstück setzt man aus Ober- und Untertheil zusammen, um die der Abnutzung am meisten ausgesetzten Theile leicht entfernen und ersetzen zu können. Die Zungen sind beweglich oder fest, letztere sind vorzuziehen und überall anzubringen, wo es die Verhältnisse gestatten. Der Krümmungshalbmesser der Weichengleise ist 50—60m gross. Die Gesammtlänge einer Weiche zum Befahren nach beiderlei Richtung beträgt 60—70m. Länge der Weichenzungen 2—2,5m. Das Stellen der Zungenweiche geschieht direct durch den Schaffner, durch den Radreifen, durch eine vom Kutscherplatze zu handhabende Einrichtung oder endlich durch das Gewicht des Pferdes. Die letzte Construction ist in verschiedenen Städten ausgeführt und hat sich gut bewährt. Beschreibung und Zeichnung in „Zeitschrift für das gesammte Local- und Strassenbahnwesen" 1886, S. 30.

Betrieb.

I. Pferdebetrieb.

Die bewegende Kraft für Strassenbahnen bildete anfangs ausschliesslich das Pferd und es ist auch jetzt noch diese Art der Betriebskraft bei vielen Bahnen, namentlich im Innern der Städte, in Anwendung. Die Strassenbahn wird meistens einspännig betrieben, da der städtische Verkehr eine rasche Aufeinanderfolge kleiner und leichter Züge bedingt. Der Pferdebetrieb hat den Vortheil, dass die Anlagekosten gering sind, dagegen den Nachtheil, dass die bewegende Kraft, welche dem grössten Verkehre entsprechen muss, auch in der Zeit der Ruhe annähernd dieselben Unterhaltungskosten bedingt, als bei der Benutzung. Die Pferde werden durch das Anziehen der Wagen und durch das anhaltende Traben überangestrengt und müssen nach wenigen Jahren ausgewechselt werden. Weitere Nachtheile sind, dass die Betriebskraft den wechselnden Widerständen der Bahn nicht genügend angepasst werden kann und dass der Aufwand für Pflasterung sehr kostspielig ist.

Die Fahrgeschwindigkeit beträgt meistens 8,5—9,6 km in der Stunde. In Steigungen von 1 : 30 vermindert sich die Geschwindigkeit auf etwa 3 km.

Wagen. Einspännige geschlossene Wagen sind 3,2m lang, 2,0m breit, enthalten 12 Sitz- und 12 Stehplätze und wiegen 1350 kg. Geschlossene Zweispänner mit 20 Sitz- und 12 Stehplätzen sind 4,9m lang und wiegen 2300 kg. Geschlossene Zweispänner mit Decksitzen haben 20 Sitzplätze im Innern, 24 Decksitze und 12 Stehplätze, sind 4,9m lang und wiegen 2700 kg.

II. Betrieb durch unmittelbare Einwirkung des Dampfes.

A. Einrichtungen, bei welchen die Krafterzeuger mitbewegt werden.

1) Dampfstrassenbahn-Locomotiven.*) Die Strassenbahnlocomotive ist im Betriebe städtischer Strassenbahnen fast überall durch den elektrischen Betrieb verdrängt, ehe sie zu allgemeinerer Verbreitung gelangte. Die Strassenbahnlocomotive lässt sich bei äusserster Beschränkung nicht unter 7000 kg und bei voller Betriebszuverlässigkeit nicht unter 10000 kg herstellen; sie ist also schwerer als ein vollbesetzter Strassenbahnwagen und kann nur da als zweckmässig angesehen werden, wo die Wagen mit mehreren Pferden gefahren werden müssen, oder der Verkehr so dicht ist, dass innerhalb kurzer Zeiträume Züge mit mehr als einem Wagen zu befördern sind.

Man verwendet zweiaxige gekuppelte Tenderlocomotiven. Um das geräuschvolle Austreten des Dampfes zu verhüten, wird entweder der vom Cylinder kommende Dampf in einen Sammelkasten geleitet, von wo aus er ohne Stoss durch den Schornstein entweichen kann, oder er wird in einem besonderen Behälter zu Wasser verdichtet. Als Brennstoff wird meistens Coks verwandt; in Burma, Süd-Russland, hat man versucht, die Locomotiven durch Erdöl zu heizen, wodurch sich die Betriebskosten um etwa 1/5 verringern sollen.

Bei den Strassenlocomotiven kann man drei Bauarten unterscheiden: 1) mit aussen liegenden Cylindern von Krauss in München, Hohenzollern in Düsseldorf u. a. m. 2) mit innen liegenden Cylindern von Henschel in Cassel. 3) mit Hebelübersetzung von Brown in Winterthur

Die Locomotive von Krauss zeichnet sich durch grosse Einfachheit und geringen Coksverbrauch aus, 3,34 kg für 1 km. Der Führer steht zur rechten Seite des Langkessels und wechselt seinen Platz nicht. Die Locomotive wird an den Endpunkten der Bahn nicht gedreht. Das Feuer wird von der Seite des Führers aus bedient. Triebwerk und Steuerung mit Stephenson'scher Schwinge sind durch ein Gehäuse vor dem Strassenschmutze möglichst geschützt. Die Niederschlagung des Dampfes geschieht durch eine auf dem Maschinendache liegende Anordnung aus 3 Längsleitungen mit 130 Querrohren. Das sich in einem Wasserkasten sammelnde Niederschlagswasser kann wegen der darin enthaltenen Fettsäuren nicht zur Speisung des Kessels verwandt werden. Das Betriebsgewicht beträgt 9,7 t, Betriebs- und Kuppelaxbelastung je 4,85 t. Die Leistung bei 10 km Geschwindigkeit 10 Pferdekräfte. Preis 15000—20000 Mk. Die Kosten der Bedienung betragen fürs Jahr 1500 bis 3200 Mk. oder 0,08—0,15 Mk. für das Zug-Kilometer; die Ausbesserungskosten 1000—2000 Mk. im Jahre oder 0,09—0,11 Mk. für das km.

Die Bauart von Henschel & Sohn hat den Vorzug völlig geschützter Lage sämmtlicher Triebwerkstheile. Die Niederschlagvorrichtung besteht aus einer Anzahl U-förmig gebogener Rohre auf dem Dache. Der hier nicht niedergeschlagene Dampf gelangt mit dem Wasser in den Kühlwasserbehälter. Der Führer steht an der rechten Langseite des Kessels, wechselt seinen Stand nicht, hat aber nicht überall hin freie Aussicht. Am Führerstande befindet sich die mit dem Fusse zu bedienende Bremse, die Steuerung und der Regler. Die Locomotive hat Cylinder von 200×300^{mm} Durchmesser, 17 qm Heiz- und 0,57 qm Rostfläche, 0,8 cbm Speise- und 0,9 cbm Kühlwasserraum und wiegt betriebsfähig 12 t.

Die Locomotive des Werkes Hohenzollern in Düsseldorf ist ähnlich gebaut, hat aber Joy-Steuerung und den Wasserbehälter ausserhalb der Rahmen unter dem Fussbleche.

Bei der dritten Bauart, der Locomotive von Winterthur, liegen die Cylinder aussen und so hoch, dass die Kraftübertragung durch einen doppelarmigen Zwischenhebel erfolgt. Die Brown'sche Steuerung ist einfach, übersichtlich und giebt gute Dampfvertheilung. Diese Locomotive hat den Vorzug, dass an jedem Ende ein Führerstand mit Steuerung, Regler und Bremse vorhanden ist, so dass der Führer völlig freie Aussicht hat. Der Abdampf gelangt zunächst in den Auspuffkasten zum Absetzen der mitgerissenen Fett- und Wassertheilchen. Das Dampf-

*) Zum Theil entnommen aus „Eisenbahn-Technik der Gegenwart I." Locomotiven für Strassenbahnen von F. Giesecke.

Digitized by Google

Wasser wird in den Kühlwasserraum geführt. Die Niederschlagvorrichtung ist derjenigen von Henschel ähnlich. Der kurze Langkessel ist ganz mit Wasser gefüllt, der Dampfraum befindet sich in dem runden hohen Stehkessel mit runder Feuerbüchse. Eine in Barcelona angewandte Maschine von Winterthur ist für eine Steigung von 90 ‰ und 11^{m} Bogenhalbmesser eingerichtet. Bei einem Dienstgewicht von 16,5 t zieht dieselbe in der Ebene 10 t mit 10—15 kg Geschwindigkeit, bei einer Steigung von 80 ‰ und 8 km Geschwindigkeit 8—10 t.

2) Der Rowan'sche Dampfwagen besteht aus einem Personenwagen, der mit einem auf 4 Rädern ruhenden Maschinenwagen zu einem Ganzen verbunden ist. Die Maschine wird vom Wagenkasten vollständig umschlossen. Der Dampf wird in zwei mit einander in Verbindung stehenden Röhrenkesseln, die auf 13 At. Druck geprüft sind, entwickelt; es können 400 kg Wasser in einer Stunde verdampft werden. Die Cylinder liegen zwischen den Kesseln, die Niederschlagung des Dampfes geschieht durch Register von 80 qm Abkühlungsfläche, welche auf dem Dache des Wagens angebracht sind. Im Dienstzustande wiegt der Wagen 7 t; bei Besetzung mit 30 Personen beträgt der grösste Raddruck 1,6 t. Die Winterwagen haben 30, die Sommerwagen 50 Plätze. Die Maschine hat 25 H. P. und ist stark genug, noch einen zweiten gewöhnlichen Pferdebahnwagen mit 50 Personen zu ziehen. Die Geschwindigkeit beträgt 10—20 km in der Stunde. Die Bremsvorrichtung ist so eingerichtet, dass der Wagen auf Wagenlänge zum Stehen gebracht werden kann. Der Bedarf an Coks beträgt 1,5 kg für 1 km. Das erforderliche Drehen des Wagens am Ende der Fahrt geschieht mittelst Drehscheiben oder Weichendreieck. Der Dampfwagen wird angewandt auf der 3,9 km langen Bahn Kurfürstendamm-Grunewald bei Berlin und auf einer 9 km langen Bahn in Kopenhagen.

3) Die feuerlosen Locomotiven haben die Vortheile: Sicherheit gegen Feuersgefahr, Fortfall der Belästigung durch Rauch und Dampf, dann die Billigkeit des Betriebes in Folge der Erzeugung der Betriebskraft an einer Stelle. Es gibt drei Arten feuerloser Locomotiven, die von Honigmann, Lamm-Francq und von Mekarski, von denen die erste in Anlage und Unterhaltung am billigsten, die letzte am theuersten ist. Die Betriebskosten für 1 km betragen bei Honigmann 20 Pfg., bei Mekarski 36 Pfg. und bei Lamm-Francq 40 Pfg., während dieselben bei gewöhnlicher Dampfstrassenlocomotive 60 Pfg. und bei einer Berglocomotive mit Feuerherd 90 Pfg. betragen. An Leistungsfähigkeit auf 1 t Eigengewicht entwickelt die Maschine von Honigmann (für Bergfahrten) 10, von M. 5 und von L.-Fr. 1,7 Pferdestärke. Auch an Leistungsfähigkeit ist die Honigmann'sche Locom. den beiden anderen überlegen; während diese bereits nach Zurücklegung von 15 km einer neuen Füllung bedürfen, kann die Locom. von H. 100 km mit einer Füllung zurücklegen.

Die Honigmann'sche Maschine ist angewandt auf der Aachen-Burtscheider Strassenbahn, und zwar auf einer Strecke von 1 km Länge mit 4 Krümmungen von 20^{m} Halbmesser und einer stärksten Steigung von 1 : 30. Ausserdem ist sie in Leipzig, Chicago und Minneapolis im Betriebe.

Die Maschine von Lamm-Francq ist nach dem Gesetze gebaut, dass Wasser, welches in einem starken Gefässe über den Siedepunkt erhitzt ist, dem Bestreben, sich in Dampf zu verwandeln, folgt, sobald der diesem Bestreben entgegenstehende Druck nachlässt. Versuchsweise angewandt wurde diese Maschine 1873 auf der Strassenbahn Carolton-New-Orleans. Das Wasser war auf 193° C. überhitzt. Die 4 t schwere Maschine legte 12 km in der Stunde zurück. Eine von Leon-Franco verbesserte Locom. ist auf den Linien St. Augustin-Neuilly (4,3 km lang), Rueil-Marly le Roi (Länge 9 km, stärkste Steigung 1:6) und Lille-Roubaix (11 km lang) in Anwendung.

B. Einrichtungen, bei welchen die Krafterzeuger feststehen.

Taubahnen. Um die Betriebskosten zu verringern, bewegt man in Amerika die Wagen vielfach vermittelst eines endlosen Stahltaues von einer feststehenden Maschine aus. Zur Aufnahme des Taues ist neben den Schienen ein Tautunnel angelegt, der bei den ersten Versuchen in San Francisco aus hölzernen, mit eisernen Reifen verbundenen Röhren von 0,70^{m} Lichtweite, neuerdings aus Betonröhren hergestellt ist, welche

Digitized by Google

in 0,90—1,20^{m} Entfernung durch Joche unterstützt werden. Zur Aufnahme des Tagewassers sind in 90^{m} Abstand Sammelgruben angelegt. Der Tautunnel öffnet sich in einem Schlitze, dessen Weite in Amerika auf höchstens 19 cm festgesetzt ist. Zur Unterstützung des Taues sind im Tunnel in einem Abstande von 9—9,5^{m} Tragrollen von 40 cm Durchmesser angebracht. In Krümmungen sind seitliche Führungsrollen erforderlich.

Das Tau besteht aus 6 Litzen von je 19 Drähten, die um ein Manila-Hanfseil geschlungen sind. 1^{m} Tau wiegt bei 32^{mm} Durchmesser 3,6 kg. Durch die stossweise Beanspruchung werden die Taue bis $^{1}/_{100}$ ihrer Länge ausgedehnt und müssen durch Heraushauen eines Stückes verkürzt werden. Die Dauer eines Taues beträgt 9—12 Monate, das längste bisher angewandte Tau ist 8900^{m} lang bei einer Weglänge von 4500^{m}. Das Tau bewegt sich mit einer Geschw. von 10—13 km in der Stunde. Die Triebrollen haben 3,66^{m} Durchmesser. Die Spannung des Taues beträgt 5,5 t. Die Züge bestehen aus einem Greifwagen, der den „Greifer", eine Vorrichtung zum Ankuppeln an das Tau, trägt und 16—20 Personen aufnehmen kann, und 1—2 angehängten Wagen. Der Greifer muss das Seil fest fassen, ohne demselben schädliche Biegungen zu ertheilen, leicht zu lösen sein und muss ein geringes Gleiten des Taues behufs Verminderung der Geschw. gestatten. Die Fabrik von Bässler & Jorisson hat einen Greifer ausgebildet, welcher im Gefälle und Steigung von 1:5 sicher wirken soll, auch die Anwendung von Tauen verschiedener Stärke zulässt (Zeitschr. f. Transportwesen und Strassenbau 1886, No. 9), die Taubahnen sind meistens zweigleisig.

Das bei einer Strassenbahn in New-York angewandte Miller'sche Zwillingssystem besitzt 2 Taue, welche durch 2 von einander unabhängige Betriebsmaschinen bewegt werden. Von den beiden Tauen, welche in Kanälen parallel neben einander liegen, ist stets nur das eine in Thätigkeit; das andere kommt erst zur Anwendung, wenn das erstere arbeitsunfähig ist. An den Wagen ist für jedes Tau eine Fangvorrichtung angebracht. Diese Anordnung des doppelten Taues gestattet bei einem ununterbrochenen Betriebe jederzeit das nicht benutzte Tau zu untersuchen, was für den Taubetrieb von grösster Wichtigkeit ist, da erfahrungsgemäss das Tau mindestens nach je 24 Stunden nachgesehen werden muss. Um bei dieser Untersuchung das Tau langsam und leicht bewegen zu können, ohne die Hauptmaschine in Gang zu setzen, sind zwischen den Stationen kleine, stehende Dampfmaschinen angebracht.

Die Vortheile des Taubetriebs sind: starke Steigungen bis 1:5 bieten keine Schwierigkeiten. Die Wagen können plötzlich angehalten werden. Jede gewünschte Geschwindigkeit bis zu 16 km in der Stunde kann an jeder Stelle der Bahn erzielt werden. Schnee lässt sich leicht beseitigen, da man mittelst des Taues Schneepflüge schnell bewegen kann. Die Leistungsfähigkeit der Bahn kann zu jeder Zeit leicht dem Verkehr angepasst werden. In Folge der sicheren Bahnunterlage ist die Bewegung der Wagen eine gleichmässige und nicht so stossend wie bei Pferdebahnen. Dagegen ist die Ueberwindung der Krümmungen stets mit einigen Schwierigkeiten verbunden und erfordert besondere Vorkehrungen, die das System seiner Einfachheit berauben; auch wird durch die Kreuzung zweier Taubahnen die Einrichtung verwickelt und der Betrieb schwierig. Der Tautunnel wird leicht durch Strassendreck vollgestopft.

Zum Vergleiche der Kosten des Taubetriebes mit denen einer Pferdebahn diene eine gradlinige, 5 km lange Strecke, welche von einem Greifwagen mit einem angehängten Personenwagen mit 20 + 30 Plätzen in Abständen von 5 min. mit einer Seilgeschw. von 10 km bei täglich 13stündigem Betriebe befahren wird. Um dieselben Personen-Kilometer erzielen zu können, muss die Pferdebahn 17 Wagen mit je 53 Plätzen mit einer Geschw. von 8 km in der Stunde betrieben werden.

Es betragen dann die Kosten:	Taubahn:	Pferdebahn:
der Herstellung der Strecke . .	1,200,000 Mk.	650,000 Mk.
der Betriebseinrichtung	404,250 «	372,500 «
	1,604,250 Mk.	1,022,500 Mk.
des Betriebes	127,490 «	181,600 «

Taubahnen sind ausgeführt 1873 in San Francisco 3,2 km mit 1,07^{m} Spur, 1877—1883 ebendaselbst 26,1 km, in Chicago 13,4 km, in Philadelphia 2,4 km, in London 1,2 km.

Digitized by Google

III. Betrieb durch aufgespeicherte Kraft

Elektricität als Betriebskraft.

Die Anwendung der Elektricität als Betriebskraft für Strassenbahnen ist eine Errungenschaft der Neuzeit und wahrscheinlich wird die Elektricität in der Zukunft die übrigen Betriebskräfte auf den meisten Bahnen verdrängen. Die elektrische Betriebskraft wird durch einen feststehenden Krafterzeuger hervorgerufen und den Wagen entweder durch eine Leitung zugeführt, oder vermittelst Kraftsammler, Accumulatoren, mitgegeben. Als Krafterzeuger verwendet man meistens eine Dampfmaschine, die Benutzung von Wasserkraft würde den Betrieb billiger gestalten.

1) Betrieb durch eine Leitung. Bei der ersten elektrischen Bahn, der Bahn zu Lichterfelde, wurden die Schienen als Leitung benutzt. Die eine Schiene besorgte die Leitung für die Hinfahrt, die andere für die Rückfahrt. Der den Pferdebahnwagen ähnliche Wagen trug zwischen den Axen eine kleine Maschine. Diese Einrichtung hat den Nachtheil, dass der Oberbau sich nicht vollständig isoliren lässt, was grosse Stromverluste zur Folge hat. Besser ist die Zuführung der Elektricität durch zwei Drahtleitungen, welche an Telegraphenstangen längs der Bahn angebracht sind. Ein kleiner 8räderiger Stromschlusswagen läuft auf der Leitung entlang und führt vermittelst eines Drahtes der im Wagen angebrachten Dynamomaschine die Elektricität zu. Ausgeführt ist diese Einrichtung auf der Bahn Charlottenburg-Spandauer Bock. Es stellte sich hierbei heraus, dass sich Drähte der zu grossen Längsänderung wegen zu Stromleitungen nicht besonders eignen und man verwendet deshalb besser aufgeschlitzte Röhren. Bei der Strassenbahn Sachsenhausen-Offenbach hat die geschlitzte Röhre einen Durchmesser von 30^{mm} und wird in Entfernungen von 30^{m} durch Stangen unterstützt. In der Röhre läuft ein Stromschluss-Schlitten, von dem aus ein Drahtseil durch den auf der Unterseite der Röhre befindlichen Schlitz zu dem Personenwagen geführt wird. Die Bewegung der Dynamo wird durch Zahnräder mit verlangsamendem Umsetzungsverhältnisse auf die Wagenräder übertragen. Vergl. auch S. 69.

2) Betrieb durch Accumulatoren. Der Betrieb der Strassenbahnen durch Accumulatoren wird besonders in den Fällen angewandt, wo die Zuführung des Stromes durch eine Leitung ausgeschlossen ist. Da die Acc. an den Wagen mitgenommen werden, so ist es ein Haupterforderniss, dass sie ein möglichst geringes Gewicht haben, dann müssen sie stets eine dem Bedarf entsprechende Leistung gewähren und möglichst geruchlos sein. Die Acc. von Faure haben sich als ungeeignet für den Strassenbetrieb herausgestellt, angewandt werden die Acc. von Reckenzaun und von Julien.

a. Der Accumulator von Reckenzaun besteht aus einem mit Blei ausgefütterten Kasten von Teakholz, in welchem sich 10 positive und 11 negative Bleiplatten befinden. Jede Platte stellt einen Rost dar, dessen Hohlräume bei den positiven Platten mit Mennige, bei den negativen mit Bleiglätte ausgefüllt sind. Als erregende Flüssigkeit dient Schwefelsäure vom spec. Gew. 1,15. Die Acc. werden mit einem Strome von 32 Amp. geladen, und es beträgt die Aufspeicherungsfähigkeit einer Zelle 150 Amp.-Stunden. Die auf langen Trögen aufgestellten Acc. werden unter die Sitze der Fahrzeuge geschoben. Für jeden Wagen sind 3 Satz Acc. vorhanden, von denen der eine den Wagen treibt und die beiden anderen gefüllt werden. Das Gewicht der Betriebsvorrichtung eines mit 46 Personen besetzten Wagens, der 20—22 km weit gefahren werden soll, beträgt etwa 1750 kg. Die Geschw. kann zwischen 5 und 16 km i. d. St. beliebig geändert werden. Die Betriebskosten sollen 5,3 Pfg. für 1 km betragen einschl. 15% für Abnutzung der Maschinen und 50% für Erneuerung der Acc.

Ein von der Berliner Pferdebahn-Gesellschaft benutzter Wagen nach diesem Systeme wiegt einschl. der Acc. und Motoren 3750 kg, mit 32 Fahrgästen, Führer und Schaffner 6000 kg. Um den Wagen mit 12 km Geschw. i. d. St. und in der Ebene fortzubewegen, sind 5 Pferdekräfte erforderlich, wozu eine Acc.-Batterie von 60 Zellen genügt. Die Uebertragung der Motoren auf die Wagenaxe geschieht durch eine Schraube ohne Ende, womit ein Kraftverlust von 15% verbunden ist.

b. Der Accumulator von Julien besteht aus dem sogen. „Julien-Metall“, welches säurebeständig ist und eine grosse Menge Elektricität aufspeichern kann, ohne von derselben angegriffen zu werden. Die Accumulatoren bestehen aus vier Gruppen von je 24 Zellen und werden

Digitized by Google

von aussen unter die Wagensitze geschoben. Unter dem Wagen ist ein Dynamo untergebracht, welcher mittelst des auf jeder Plattform befindlichen Julien'schen Umschalters durch den Wagenführer mit dem Accumulator in Verbindung gesetzt wird. Durch den Umschalter ist es möglich, die Geschw. zu verändern und wechselnde Widerstände zu überwinden, ohne Stromregulator und künstliche Widerstände anzuwenden, indem nämlich die vier Accumulatoren entweder alle nebeneinander, zu zwei und zwei nebeneinander und hintereinander oder endlich alle hintereinander geschaltet werden. Von der Maschine wird durch ein Seil eine Vorlagewelle und von dieser aus mittelst einer besonders geformten, sogen. Julien'schen Kette die Wagenaxe getrieben. Die Uebersetzung erfolgt dabei im Verhältniss 1 : 10 in's Langsame. Der Stromverbrauch beträgt für 1 km Fahrt etwa 400 V. Amp.

Dieses System ist bei der Strassenbahn in Brüssel angewandt. Die Bahn ist 6,7 km lang und hat viele Steigungen, davon eine 1480^{m} lang mit 48 ‰ Steigung und Krümmungen von 26^{m} Halbmesser. Die Anlage ist für 8 Wagen eingerichtet, 4 sind jetzt im Betriebe. Für die Krafterzeugung sind jetzt 3 Maschinen mit je 60 H. P. und 2 Kessel mit je 60 H. P. und 2 Dynamo mit je 25 H. P. erforderlich. Die Stärke der Dampfmaschine ergibt sich aus 2.25 + 10 H. P. Stromverlust = 60 H. P. In einem Wagen befinden sich 4 Acc., je 350 kg = 1400 kg schwer, und ist hierdurch der Wagen befähigt, eine Strecke von 55 km zurückzulegen. Das Einstellen und Ausladen der Acc. wird von 2 Mann in 2 Min. bewirkt. Das Gewicht eines Wagens im Betriebe setzt sich zusammen mit 4 Acc. = 1400 kg, Maschine 630 kg, 32 Personen, je 75 kg = 2400 kg und Wagengewicht = 3290, zusammen 7720 kg. Zwei Kessel mit Einrichtung kosten 19200 Mk., 2 Dampfmaschinen 28800 Mk., 4 Dynamo, je 7600, also kostet die Anlage ohne Gebäude rund 80000 Mk. Die Kosten der Gebäude und eines dritten Kessels betragen 48000 Mk. Es kostet demnach die Anlage für 16 Wagen 128000 Mk. oder für einen Wagen 8000 Mk. Ein Wagen kostet 3520 Mk., mit allen Maschinen 7200 Mk., die Acc. kosten 6800 Mk. Die Gesammt-Anlagekosten für 1 Wagen betragen demnach 22000 Mk. Die Betriebskosten bleiben bis zur Grenze der Leistungsfähigkeit annähernd gleich, ob viele oder wenige Wagen verkehren. Der Betriebs-Coëfficient wird also kleiner, je besser die Anlage ausgenutzt wird; andererseits verringern sich die Betriebskosten, wenn eine Maschine ausser Betrieb gesetzt wird. Es giebt eine Grenze der Verkehrsgrösse, bei welcher der elektrische Betrieb billiger als Pferdebetrieb ist. Diese Grösse wird in Brüssel erreicht, sobald 8 Wagen verkehren müssen.

Zum Schlusse sei bemerkt, dass man versucht hat, gepresste Luft oder Kohlensäure als Betriebskraft für Strassenbahnen anzuwenden.

Digitized by Google

XXI. Feldeisenbahnen

für land- und forstwirthschaftlichen Betrieb.

Die beim Bau von Eisenbahnen, Kanälen und Strassen, ferner beim Bergbau, in Steinbrüchen, Ziegeleien u. s. w. schon längst gebräuchlichen Rollbahnen werden neuerdings auch beim Transport der Feld- und Walderzeugnisse nach den Lagerräumen und Verladeplätzen, ferner von Dünger auf die Felder, zum Ueberführen der Moorfelder mit Sand bei den Moordammkulturen, zum Uebermergeln u. s. w. verwendet, wobei sowohl die Gleis- als auch die Wagenconstructionen, sowie die Verladeeinrichtungen in hohem Maasse vervollkommnet worden sind.

Die Vortheile der Feldeisenbahnen bestehen in dem geringen Zugswiderstand bei der Bewegung der eisernen Räder auf entsprechend geformten Stahl- oder Eisenschienen (senkrecht stehende Flachschienen und dergl. zu starker Abnützung von Schienen und rollendem Material führende Profile ausgeschlossen), in dem Wegfall von mit Steinen, Holz u. s. w. befestigten und daher theuren Fahrbahnen, in der Möglichkeit, die Bahnen leicht und rasch zu verlegen, abzubrechen und an anderen Orten wieder zu verlegen, derart, dass sie sich jedem Terrain anpassen und sich selbst an steilen Hängen meist mit geringen Kosten einschneiden lassen, endlich darin, dass mit solchen Bahnen der Transport sehr grosser Massen von Gütern bewerkstelligt werden kann.

Bei den Feld- und Waldeisenbahnen hat man zu unterscheiden 1) die Stammbahnen, auf welchen die gesammten Producte nach den Stapel- oder Verladeplätzen, nach den Häfen u. s. w. gebracht werden, und welche über die ganze Dauer des Transports keine Ortsveränderung erleiden; 2) die Nebenbahnen, welche als Zubringer wirken und je nach der Dauer des betreffenden Verkehrs Wochen und Monate lang liegen bleiben; endlich 3) die fliegenden Bahnen, welche unter Umständen jeden Tag, ja stündlich verlegt werden müssen.

Da eine gute Gleislage von dem grössten Einfluss auf den Verschleiss der Schienen mit Zubehörden und des rollenden Materials ist, und da die Abnützung um so geringer ist, je flüchtiger die Visire sind und je weniger Stösse vorhanden sind, so wird das Planum der Stamm- und Nebenbahnen in der Regel vor dem Verlegen des Gleises zugerichtet, und bei sehr grossen Transporten überdies ein Schotterbett oder eine Sandunterlage hergestellt. Dies ist namentlich bei Holzschwellen angezeigt. Zu den Stamm- und Nebenbahnen werden ferner möglichst lange Schienen (7^m und mehr) verwendet.

Da die Abnützung der Schienen und des rollenden Materials in solchen Gefällen, in welchen gebremst werden muss, eine sehr beträchtliche ist und sich mit der Zunahme des Gefälls steigert, so empfiehlt es sich, bei den Stamm- und Nebenbahnen gebrochene Visire anzuwenden, derart, dass schwache Gefälle mit starken wechseln und auf letzteren ein sogen. Bremsberg angelegt wird. Das An- und Abkuppeln der Wagen geht hier sehr rasch von statten, die Bremsung erfolgt an den Seiltrommeln der Bremsberge und nicht an den Wagen. Nur bei fliegenden Bahnen ist auf Bremsung der Wagen Bedacht zu nehmen, wobei jedoch 7% nicht überschritten werden sollten.

Je steiler eine Bahn ist, auf welcher die Wagen gebremst zu Thal gehen, um so grösser ist die Gefahr der Entgleisung, um so leichter entstehen Unglücksfälle.

Die Wald- und Feldbahnen eignen sich auch zur Anwendung da, wo gewöhnliche Weganlagen zu theuer zu stehen kämen, z. B. wo das Holz aus einer tief eingeschnittenen schmalen Klinge ausgebracht oder aus einem Thal auf die Höhe geschafft werden muss. Im ersteren Falle werden stärkere Holzstämme zur Ueberbrückung der Schluchten verwendet, im zweiten Seilbahnen mit Göpelaufzügen oder mit Maschinenbetrieb unter Benutzung von Dampf- oder Wasserkraft mit Nutzen zur Anwendung kommen, wobei jedoch die Zubringerbahnen womöglich derart anzulegen sind, dass sie den Fuss der Seilbahn mit Gefäll erreichen, also nur ein Motor zum Betrieb der letzteren erforderlich wird. Wenn Steine, sehr schwere Hölzer u. dergl. von einem Hang aus auf einen Thalweg auszubringen sind, genügt in der Regel ein an einem Baum u. dergl. befestigter Flaschenzug mit Seil oder Kette zum Ablassen der an Ort und Stelle geladenen Wagen.

Digitized by Google

Ueber die Nutzleistung der Wald- und Feldbahnen.

Während bei gut angelegten Pferdebahnen der bei der Bewegung der Wagen auf den Schienen auftretende sogenannte Widerstandscoëfficient W $= \frac{1}{150}$ ist, so dass also ein Mann, welcher bei voller 8stündiger Arbeitszeit und bei ca. 0,8^{m} Geschwindigkeit in der Secunde einen Zug K von 15 kg auszuüben vermag, auf einer solchen, und zwar horizontalen Bahn einen Wagen mit der Bruttolast von 15×150 kg $= 2250$ kg $= 45$ Centner fortzuschieben vermag, sinkt diese Leistung bei gewöhnlichen, aber gut gelegten Rollbahnen, da hierbei W durchschnittlich $= \frac{1}{125}$ ist, auf 37,5 Centner, bei den meisten Wald- und Feldbahnen dagegen, bei welchen W höchstens $= \frac{1}{100}$ angenommen werden darf, auf 30 Centner und noch weiter herunter. Bei einem mittelschweren Pferd von 75 kg Zugkraft, 1,15^{m} Geschwindigkeit bei ebenfalls 8stündiger Arbeitszeit betragen dagegen die betreffenden Leistungen auf ebener, horizontaler Bahn 225 Centner, bezw. 187,5 und 150 Centner. Diese Zahlen geben nur die unter besonderen Verhältnissen erreichten Leistungen an und sind in der Praxis erheblich zu ermässigen. Es geht hieraus auch hervor, wie unvortheilhaft eine schlechte, eckige Lage des Gleises, die Anwendung vieler Stösse, also zu vieler kurzer Gleisstücke namentlich beim Transport grösserer Massen werden kann.

Die Förderweite darf für mittelschwere Pferde zu 18 km in einem Tag angenommen werden, welche Entfernung je einmal mit beladenen Fuhrwerken und leer zurückgelegt werden kann. Es darf angenommen werden, dass man mit einem Zweigespann durchschnittlich auf ziemlich ebener Bahn mit auf kurzen Strecken vorhandenen Maximalsteigungen von 2% bei mittelgut gelegten Gleisen $\left(W = \frac{1}{100}\right)$ durchschnittlich 9000 kg und bei gut unterhaltenen Gleisen ca. 10000 kg Bruttolast fortbewegen kann, desgl. bei horizontaler Bahn ca. 12000 kg, während auf gut unterhaltenen chaussirten Waldwegen mit kurzen Steigungen bis zu 2% die entsprechenden Leistungen ca. 4500 kg bezw. 5500 kg betragen. Auf ca. 7,5 km langen Strassen von 5% Steigung sinkt die Bruttolast auf 2500 kg und bei Waldbahnen $\left(W = \frac{1}{100}\right)$ auf ca. 3500 kg. Man sieht hieraus, wie bedeutend die Nutzleistung der Waldbahnen auf Steigungen abnimmt.

Da das Gewicht eines Langholz-Transportwagens für Strassenverkehr ca. 1200 kg, dasjenige von zwei Waldbahnwagen der Georgs-Marienhütte in Osnabrück nur 440 kg beträgt, so ist die Nutzlast hiernach entsprechend zu ermässigen. Die Nutzlast beim Bahntransport ist jedoch in Folge dieses Gewichtsunterschieds um 760 kg grösser als bei der Verwendung von Strassenfuhrwerken.

Auf kurze Strecken kann man die Zugkraft K der Menschen und Thiere um das Doppelte stärker ausnutzen, also die Zugkraft K bei obigen Beispielen zu 30 kg bezw. zu 150 kg annehmen, wenn im ersteren Fall die Rampe nicht über 30^{m}, im anderen nicht über 150^{m} Länge hat.

Die Betriebs- und Förderungskosten hängen wesentlich von den für das Verladen getroffenen Anordnungen ab. Die nutzbare Förderlänge verringert sich sehr erheblich, wenn das Aufladen und Anrücken einen höheren Zeitaufwand in Anspruch nimmt und wenn die Förderlänge verhältnissmässig klein ist.

In der Oberförsterei Eberswalde wurden z. B. auf einer 3 km langen theilweise sanft ansteigenden Waldbahn täglich 50 fm und unter Einrechnung der Wagenlast ca. 40000 kg je 3 km weit gefördert, worin jedoch die auf das Anrücken erforderliche Zeit inbegriffen ist, auf horizontaler Bahn wäre die Leistung etwa um 25% grösser gewesen. Die Kosten des Ladens betrugen hier pro fm in Tagschichten 0,09 t, worin das Verlegen des Gleises bis zum Stamm und die Förderung des Wagens zum Hauptgleise bis auf 400^{m} Entfernung inbegriffen ist. Im steileren Terrain erhöht sich der Zeitaufwand pro fm auf 0,10—0,12 t. Das Abladen und Rangiren der leeren Züge erfordert ferner pro fm 0,04 t zusammen also 0,13—0,16 t eines Taglöhners. Für Abnützung und

Erneuerung sind bei den Stahlschienen etwa 4% des Anschaffungspreises, beim rollenden Material etwa 10%, für die laufende Unterhaltung des Gleises endlich etwa 2% anzunehmen.

In Mützelburg kamen auf einem von der Georgs-Marienhütte in Osnabrück gelegten Gleise, wobei in einem Wintertage 24 fm auf 12 km Länge mit je 2 Doppelwagen ohne Zuhülfenahme eines Bremsers geführt wurden, die Transportkosten pro fm und km auf 2,6 Pf. zu stehen.

Bei Feldbahnen können im Gefälle mit einem Pferd ca. 4500 kg Rüben u. dergl. aus einer Entfernung von 2 km eingebracht werden.

Eine schlechte Gleislage in verticaler Hinsicht vermindert die Ausnützung der Zugkraft in noch viel höherem Maasse. Bezeichnet z. B. für Erdtransporte z den Zuwachs der Kosten, h die Hebung in Metern und s die Steigung ‰, so wird, bei mit Hand betriebenen Feldeisenbahnen $z = 2{,}5\ h + 0{,}25 \cdot s$ und bei Pferdetransport $z = h + 0{,}6 \cdot s$ in Pfennigen. Wenn also bei einer solchen Bahn und bei einer Nettolast des Rollbahnwagens von 1 cbm Boden = ca. 40 Centnern nur zweimal eine Steigung von 30‰ und hierbei je eine Höhe von nur $0{,}25^{m}$ zu überwinden war, so vertheuerte sich dieser Transport im ersten Fall um 8,75 Pf., im zweiten um 18,5 Pf. oder pro Centner um ca. 0,22 Pf. bezw. um 0,46 Pf.

Es muss daher besonders bei ständigen Bahnen vor einer zu mangelhaften Gleisverlegung gewarnt werden, da das Terrain, auf welches das Gleis gelegt werden soll, erforderlichen Falls mit Haue und Schaufel um ganz geringe Kosten sich so vorbereiten lässt, dass die Zugkraft ganz ausgenutzt, also entweder der vorhandene Transportwagen voller geladen oder bei der Wahl der Transportmittel auf die Beschaffung grösserer Transportgefässe reflectirt werden kann, wodurch sich wieder die Transportkosten erheblich verringern, überdies wird die Abnützung der Schienen und der Wagen durch schlechte Gleisverlegung sehr vergrössert. Für Unglücksfälle sind pro fm je nach der Beschaffenheit des Terrains und der Stämme 5—10 Pf. in Rechnung zu nehmen.

Construction der Bahnen.

Die Construction hat sich hauptsächlich nach dem Zweck, welchem die Bahnen dienen sollen, sowie danach zu richten, ob die Bahngleise öfters abgebrochen werden müssen oder längere Zeit belassen werden können, ob der Boden fest oder nachgiebig ist und welche Geldmittel zur Verfügung stehen. Die verschiedenen Systeme sind in zwei Hauptklassen, nämlich in den Querschwellen- und in den Langschwellenoberbau einzutheilen. Der letztere Oberbau besteht in seiner einfachsten Form aus zwei auf je einer Seite beschlagenen Längsbalken, welche an den Stössen auf Querschwellen ruhen und durch letztere, sowie auch sonst noch in passenden Zwischenräumen (zur Erhaltung der genauen Spurweite) zusammen- bezw. auseinandergehalten werden. Auf diesen Längsbalken werden zur Führung der Transportwagen Flachschienen aufgenagelt oder mit versenkten Schrauben aufgeschraubt. Dieses System ist in entlegenen Waldungen, oder da, wo viel, namentlich stärkeres Holz (z. B. nach Windfällen) rasch aufgearbeitet und abgeführt werden soll, ganz zweckmässig. Die Längsbalken werden nach der Abfuhr abgebrochen und weiter verwerthet.

Bei den längere Zeit an einer und derselben Stelle verbleibenden Bahnen kann sich auch der eiserne, sowie der combinirte Langschwellenoberbau zur Ausführung empfehlen, wobei der Boden zuvor planirt, in ein möglichst gleichmässiges Visir gelegt und entwässert wird. Zu letzterem Zwecke empfiehlt sich auch die Anbringung eines Schotterkörpers unter dem Gleise.

Die Gleise bestehen gewöhnlich aus stählernen Vignolschienen, welche von dem Bochumer Verein für Gussstahlfabrikation, von Krupp in Essen u. A. symmetrisch, von der Georgs-Marienhütte in Osnabrück nach dem Haarmann'schen System derart ausgewalzt werden, dass der äussere Theil des Schienenfusses erheblich breiter als der innere ist, wodurch ein sehr wirksamer Schutz gegen das Umkanten geschaffen wird. Letztere Absicht wird jedoch in noch viel höherem Maasse durch die Querverbindungen erreicht, welche theils aus den Unterlagsschwellen, theils aus Querstangen bestehen.

Hierher gehören die Systeme von Decauville, Spalding, Dolberg, Kähler und Anderer, welche eine bestimmte Schienenlänge und eine eine Theilung der Lasten bedingende Tragkraft der Transportwagen annehmen, wodurch das Schienenprofil gegeben ist, während

andere Constructeure für jeden concreten Fall die Grösse und Belastung des Transportgefässes und hiernach erst die Form des Schienenprofils und die Zahl der Querschwellen bestimmen. Hier ist besonders Paul Dietrich in Berlin, Dr. Müller in Inowrazlav, Oehler in Wildegg (Schweiz), G. Schnider in Neuenstadt (Bern) zu nennen.

Spalding und Dolberg verwenden hauptsächlich Holzquerschwellen, letzterer auf Verlangen auch Stahlquerschwellen, das Bochumer Werk, Oehler in Wildegg u. A. aus /‾\ Eisen, das Osnabrücker Werk aus ⌐¬ Eisen (Profil Haarmann). Die letztere Form ist die vortheilhaftere. Die Gleise sollen sich nämlich nicht zu tief in den Boden eindrücken, anderntheils aber auch gegen das sog. Wandern der Schienen genügenden Widerstand bieten.

Es empfiehlt sich daher bei ständigen Gleisen mit Holzschwellen die Einschiebung von 5—6^{m} Gleisstücken mit den Haarmann'schen Querschwellen.

Die Widerstandsmomente der stählernen Querschwellen sind aus den Prospecten der betr. Fabriken zu ersehen, die Querschwellen der Georgs-Marienhütte weisen bei 3 bezw. 4 kg Gewicht pro Meter Widerstandsmomente von 1460 bezw. 1880 auf.

Wegen des Rostens ist das äusserst zulässige Maass der Fleischstärke der Schwellen der Schienenstränge u. s. w. zu 4^{mm}, womöglich aber zu 5^{mm} anzunehmen. Die Stossverbindungen der verschiedenen Systeme weisen sehr zahlreiche Constructionen auf, welche bezüglich ihres Werthes nicht erheblich von einander verschieden sind. Laschenverbindungen mit schwebendem Stoss sind bei ständigen Gleisen vorzuziehen, bei den beweglichen die von Dolberg und Spalding bei den Holzschwellen, die von Dolberg, von der Georgs-Marienhütte vom Bochumer Verein und von Oehler in Wildegg bei den eisernen Querschwellen. Bei festen Bahnen werden die Laschenverbindungen noch durch einen Schraubenbolzen befestigt. Bei den schwebenden Stössen beträgt die Entfernung der Schwellenmitten ca. 25—40^{cm}. Werden die Schienen auf Holzschwellen gestossen, so geschieht die Verbindung meistens mittelst gusseiserner Schuhe von etwa 1 kg Gewicht, in welche die Schienen von beiden Seiten eingesteckt werden. Bei Verwendung von Dielenschwellen (Spalding, Dolberg u. A.) werden die Schienenenden durch eiserne Knacken oder Klammern festgehalten, welche durch die Dielen geführt sind.

Ein besonderes Langschwellen-Oberbausystem wurde von Fr. Hoffmann in Berlin erfunden, wobei die Langschwellen zugleich die Laufschienen bilden und aus dreieckig gestalteten, unten ausgeschweiften und gekerbten Profileisen bestehen. Da letztere Schienen ihrer ganzen Länge nach entweder unmittelbar auf dem Boden oder auf dem Schotterbett aufliegen, wenn sie gut unterkrampt sind, so kann deren Fleischstärke gegenüber den auf Querschwellen ruhenden Schienen entsprechend vermindert werden. Zur Einhaltung der richtigen Spurweite werden die Hoffmann'schen Schienen theils durch hölzerne, theils durch eiserne Unterlagsquerschwellen oder durch Rund- oder Flacheisen mit einander verbunden.

Ein combinirter Langschwellenoberbau entsteht, wenn diese Schienen (Vignole- oder Hoffmann-Profil) auf hölzernen Langschwellen aufliegen.

Die Hoffmann'schen eisernen Langschwellenschienen sind in Folge ihrer dreieckigen, den Schub der Räder aufnehmenden Form gegen seitliche Verbiegungen gut gesichert; es drückt sich in Folge der Kerbung der geschweiften Füsse das Profil in den Boden oder in die Unterlagsschwellen fest ein, und zwar desto mehr, je grösser die Last ist, die darüber bewegt wird. Ein Nachtheil ist die eine rasche Abnützung der Räder verursachende Schmalheit des Kopfes der Dreikantschiene und die ungenügende Sicherung gegen das Wandern. Diese eisernen Langschwellenschienen erhalten gewöhnlich 2,5^{m} Länge, ruhen auf 4/12^{cm} starken Schwellen und letztere an den Stössen auf 25^{cm} langen und breiten Stossbrettern auf, ausserdem befinden sich hier Stossbleche. Eine ausgedehntere Anwendung hat dieses System noch nicht gefunden, dasselbe dürfte sich überhaupt nur für ständige Gleise, nicht aber für fliegende Gleise eignen.

Im Moorboden sind Holzschwellen als Schienenunterlager zu verwenden; neuerdings haben sich auch die eisernen Querschwellen (Profil Haarmann) dafür gut bewährt.

In Betreff des reinen Vignoleschienen-Langschwellenoberbaus ist Nichts besonders zu bemerken. In neuerer Zeit haben sich noch eine Menge von Oberbauten eingebürgert, welche eine Combination von Lang- und Querschwellenoberbau vorstellen, in Wirklichkeit aber Querschwellengleise sind und sich im Wesentlichen nur durch die Länge der Gleisstücke und die Art der Schienenbefestigung unterscheiden.

Da man da, wo Feldbahnen zu verlegen sind, in der Regel über genügendes Personal verfügen kann, so dass es also gleichgiltig ist, ob ein, zwei oder drei Arbeiter zum Transport und zum Verlegen der Gleisstücke verwendet werden, da ferner ein Gleis mit der zunehmenden Länge der einzelnen Schienen stabiler und gegen Verbiegungen gesicherter wird und dann auch weniger Querverbindungen und sonstige Sicherungsmittel bedarf, je weniger Stösse vorhanden, also je länger die Schienen sind, so sollten bei Feld- und Waldbahnen, welche längere Zeit an einem Orte liegen bleiben, nur Schienen von einer Länge von mindestens 5^m verwendet werden. Die Anwendung kürzerer Schienenstücke ist hierbei da angezeigt, wo z. B. kleine Wasserläufe zu überbrücken, Anschlüsse an feste Weichen, Drehscheiben u. s. w. herzustellen sind u. s. w.

Anders liegen die Verhältnisse, wo in Wald und Feld viele Arbeitsstellen rasch erreicht und wieder verlassen werden müssen und wo die von oder zu jeder solchen Stelle zu transportirenden Massen nicht von grossem Umfang sind. Hier ist die Verwendung von durchschnittlich 2^m langen, fest zusammengesetzten Gleisstücken angezeigt, eine leichte Verbindung an den Stössen ist hierbei unerlässlich, da hier die schnelle Verlegbarkeit der Gleise die Hauptbedingung ist. Mit solchen Wald- und Feldbahnen zweiter Ordnung muss jeder Stamm, jede Holzbeuge im Walde, jede Arbeitsstelle auf dem Felde leicht erreicht, überdies auch der Uebergang auf die festliegenden Bahnstrecken (erster Ordnung) ohne Aufenthalt bewerkstelligt werden können.

Die Spurweite wird am zweckmässigsten zu $0{,}5—0{,}6^m$ (ausnahmsweise beim Transport leichter und viel Raum einnehmender Materialien, z. B. von Torf, und mit höheren Wagenkasten zu $0{,}7—0{,}85^m$) angenommen, bei Waldbahnen kommt fast ausschliesslich nur noch das Maass von $0{,}6^m$ zur Anwendung; in Curven hat bei festen Axen und festliegenden Bahnen eine dem Axstand entsprechende Spurerweiterung einzutreten; ebenso eine Erhöhung h des äusseren Schienenstrangs, welche vom Krümmungshalbmesser R und von der Geschwindigkeit v (in Kilometern pro Stunde), mit welcher sich die Rollwagen bewegen, abhängt, wobei $h = \frac{v}{R}$ in Millimetern anzunehmen ist.

Bei Wagen mit kurzem Axstand und losen Rädern soll man mit dem Krümmungshalbmesser nicht unter 6^m, bei Wagen mit festen Rädern, ferner bei Langholzwagen mit Truckgestellen nicht unter 10^m Radius herabgehen.

Die Abnützung der Gleise und des rollenden Materials hängt wesentlich von dem Maass des Bremsens beim Transport in Gefällen, sowie davon ab, ob leicht Sand und dergl. auf die Schienen geräth. Im Flug-Sandboden ist daher die Abnützung eine besonders grosse. An solchen Orten werden daher die Wagen mit Schienenräumern aus Besen ausgestattet.

Die Gefälle der Haupt-Bahnen dürfen durchschnittlich 5% nicht übersteigen, nur auf ganz kurzen Strecken und wenn den Gefällen eine Horizontale oder Contresteigung folgt, sind noch 7—8% zulässig. Wenn immer thunlich, sollten die Gleise nicht über 2% Gefäll erhalten, wenn hierbei der Transport auf grössere Entfernungen stattzufinden hat, da bei grösseren Gefällen selbst bei Anwendung von ganz guten Bremsen Unglücksfälle in Folge von Unaufmerksamkeit leicht vorkommen können.

Wo, wie z. B. im Gebirge, ein Plateau mit einer Thalbahn verbunden werden soll, schaltet man eine Seilebene ein, welche bis zu 25^0 Steigung erhalten kann. Die Bewegung erfolgt mittelst Göpelwerken und Vorgelegen bei kleinen Massen auf einer Bahn, bei grossen auf zwei nebeneinander liegenden Bahnen mit oben angebrachten Seiltrommeln. Die leeren Wagen werden entweder durch die beladenen heraufgeführt oder es laufen zu diesem Zweck besondere mit Wasser gefüllte Wagen auf dem zweiten Gleise zu Thal. In gleicher Weise wird bei Aufwärtstransporten verfahren.

Die im Gefäll laufenden Wagen sind mit kräftigen Bremsen zu

versehen. In die Züge wird zuweilen auch ein besonderer Bremswagen eingeschaltet.

Ist in grösseren Waldcomplexen noch ein mässiger Localverkehr neben dem Bahntransport zu erwarten, so legt man Waldwege an, welche in den Einschnitten 3,5^{m}, in den Auffüllungen 4,2^{m} Breite und nebenstehendes Profil in den Einschnitten erhalten:

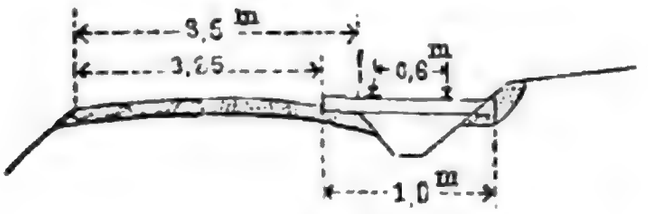


Fig. 13.

Hierbei wird die Bahn über den Weggraben und jede Schwelle beiderseits auf eine Sand- oder dergleichen Bettung gelegt. Für den Axtransport und für das neben der Bahn gehende Zugpferd des Waldbahnwagens verbleibt alsdann noch eine Breite von 3,2^{m}

Zur Herstellung von Bahnabzweigungen werden Weichen (von etwa 4^{m} Länge) mit Kreuzungen oder Drehscheiben eingelegt, in deren Fortsetzung gekrümmte Schienenstücke den Uebergang zu den geraden Strecken vermitteln; das Verlegen kurzer, gerader Gleisstücke in stark gekrümmten Bögen ist weniger zu empfehlen, hierfür werden in der Regel besondere Curvenstücke eingeschaltet. Die Kosten einer 4^{m} langen Weiche mit Kreuzung kommen durchschnittlich auf 50—70 Mark, die einer Drehscheibe auf Rollen und von ca. 1,5—2^{m} Plattformdurchmesser auf ca. 60 bezw. 85 Mark zu stehen.

Die Weichen empfehlen sich besonders zur Anwendung bei grösseren oder bei gekuppelten, z. B. bei Langholzwagen, insbesondere sind die Kletterweichen als eine sehr empfehlenswerthe Construktion zu bezeichnen. Bei festliegenden Gleisen wendet man die mit dem Fuss zu bewegenden Zungen- oder die Schleppweichen an, wobei die Schienen in gleicher Ebene liegen, bei Abzweigungen unter rechtem Winkel nach Nebengleisen die Kletterweichen. Bei kurzen Transportgefässen eignen sich eiserne Drehscheiben mit Kugellagern dagegen besser zu Aenderungen in der Fahrrichtung. Diese Drehscheiben erhalten gusseiserne, zum Zwecke der Gewichtsverminderung mit Aussparungen versehene Plattformen mit Führungsgleisstücken.

Das Biegen von Schienen geschieht theils durch Werfen, theils durch Aufschlagen mit grossen, auf Setzhämmern aufgesetzten Schlegeln, oft auch nur durch Vorschlagen von Pfählen vor den Schwellenköpfen.

Curven werden theils aus besonderen aus gebogenen Schienen zusammengesetzten Jochen oder nach dem Vorgang der Georgs-Marienhütte in Osnabrück aus sogen. Trapezjochen zusammengesetzt. Gewöhnlich bilden 4 Joche von je 2^{m} Länge einen Viertelskreis; 8 solcher Joche einen Halbkreis, während 8 Trapezjoche einen Viertelkreis herstellen. Kürzere Trapezjoche im Bogen verlegt lassen schärfere Bahnkrümmungen zu. Die Trapezjoche können ebensogut zu geraden Strecken benutzt werden.

Wegekreuzungen werden durch Aufnageln von mindestens 3^{m} langen Dielen auf den Unterlagsschwellen hergestellt, wobei erstere so weit zu unterfüttern sind, dass die passirenden Fuhrwerke nicht an die Schienenköpfe anstossen können.

Bezüglich der einfachen Kreuzungs- und Drehscheiben-Construktionen ist auf die Prospecte der Fabriken zu verweisen.

Bei Verwendung von Vignolerollbahnschienen ist der Seitendruck der Fahrzeuge besonders zu berücksichtigen, da, wenn das Profil und namentlich der Schienensteg zu schwach bemessen sind, Verbiegungen leicht auftreten, und zwar umsomehr, je grösser die Geschwindigkeit der Fahrzeuge ist und je mehr Curven zu befahren sind.

In sehr weichem, schlammigem Boden empfiehlt es sich, zwei Längshölzer unter die Schwellen zu verlegen, um zu starken Sackungen und Verbiegungen der Schienen vorzubeugen, falls dieser Zweck nicht besser durch Ziehung von Seitengräben erreicht werden kann. Bei frequenten Bahnen mit Handbetrieb und bei grosser Fahrgeschwindigkeit werden, wenn die Schwellen nicht fest in den Boden eingebettet werden können, dieselben zuweilen mit ca. 12^{cm} breiten Laufdielen übernagelt, welche zu gleicher Zeit eine Verschiebung der Schwellen durch die Tritte der Arbeiter verhüten. Beim Pferdetransport wird weicher Boden durch Unterlage von Reisig, auf welches Kies, Boden oder Sand bis auf nahezu Schienenhöhe aufgebracht wird, befestigt, oder man legt hier einen

förmlichen Prügelweg an, wobei das Pferd sowohl auf der Seite als auch in der Mitte des alsdann mit mind. ca. 0,6^{m} Spurweite anzulegenden Gleises gehen kann; im letzteren Fall sind die Prügel jedoch ebenfalls mit einer Schichte Kies, Boden oder Sand zu überdecken.

Bei Gleisen mit Holzschwellen und im Gefäll empfiehlt sich zur Verhinderung des Wanderns der Schienen das Vorschlagen von Pfählen vor den Schwellen etwa in Entfernungen von ca. 8—10^{m}, ebenso gegen seitliche Verschiebungen in den Curven durch Vorschlagen der Pfähle vor die Schwellenköpfe. Ausserdem sollten die Schienenfüsse durch Einklinkungen für Hakennägel u. dergl. mit den Schwellen fest verbunden werden.

In Curven ist ferner ein Verwechseln der Stösse ein sehr wirksames Mittel, um die richtige Lage der Gleise zu erhalten.

In besonderen Fällen, in welchen in kurzer Frist grosse Holzmassen auf einen Stapelplatz gebracht werden sollen, kann sich auch die Verwendung ausgeschossener Haupt-Eisenbahnschienen empfehlen, sofern die Kosten der Beifuhr der letzteren nicht hoch sind. Zum Ueberbrücken von Wasserläufen von ca. 6^{m} Breite werden solche Schienen, zwischen welchen Laufdielen eingeschoben werden, ebenfalls mit Vortheil angewendet.

Berechnung der Tragkraft verschiedener Feldeisenbahn- (Vignole-) Schienen.

Bezeichnet P das Gewicht, das auf einem Rollwagenrad ruht (unter normalen Verhältnissen und auf ganz ebener Bahn also $^1/_4$ des Gesammtwagengewichts, das jedoch wegen der unvermeidlichen einseitigen Belastungen in Folge von Sackungen der Gleise u. s. w. um 10—15 % erhöht werden muss), ferner l die Entfernung der Mitten der Unterlagsschwellen, M das sogenannte Biegungs- und W das sogenannte Widerstandsmoment der Schiene (das mit jedem Profile wechselt) und bezeichnet man mit r die zulässige Spannung (bei Stahlschienen = 2000 kg pro qcm), so ist $M = \frac{P \cdot l}{4} = W \cdot r$, wenn, wie dies die Regel zu sein pflegt, nur ein Rad auf den Zwischenraum zwischen zwei Schwellen zu stehen kommt.

Beträgt also das berechnete Bruttowagengewicht 1500 kg (30 Centner), die anzunehmende Maximalradbelastung rund 500 kg, ist ferner das Widerstandsmoment W einer Schiene von 4,7 kg Gewicht, 4,5^{cm} Höhe, 2,1^{cm} Kopf- und 4^{cm} Fussbreite = 5,848 in Centimetern (s. auch unten), so ist $M = \frac{500 \cdot l}{4} = 5{,}848 \cdot 2000$, also die für den betreffenden Transportwagen zu wählende Entfernung der Unterlagsschwellen $= \frac{5{,}848 \cdot 2000 \cdot 4}{500}$ $= 93{,}57^{cm} = 0{,}95^{m}$ rund.

Bei kleinen Lasten und auf ebenem und festem Boden, ferner bei Bahnen, auf welchen wegen geringer Fahrgeschwindigkeit seitliche Verbiegungen nicht zu befürchten sind, kann man bei gleichem Gewicht höhere Vignole-Schienen von geringerer Kopf- und Stegstärke, aber von grösserer Tragkraft verwenden, als bei Bahnen, auf welchen diese günstigen Verhältnisse nicht vorliegen; es sollte daher die Wahl des richtigen Schienenprofils von Fall zu Fall nach Anleitung von Sachverständigen stattfinden.

Stahlschienenprofile, Gewichte u. Widerstandsmomente

No.	Schienenhöhe	Kopfbreite	Stegbreite	Fussbreite	Querschnitt.	Trägheitsmoment	Widerstandsmoment im Mittel.	Gewicht pro Meter in kg.
	in Millimetern.				qcm.	für cm.		
1	40	20	5,0	35	4,69	9,54	4,78	3,65
2	45	21	5,5	40	5,69	13,63	6,02	4,7
3	52	23	7,5	45	8,06	25,28	9,76	6,3
4	55	18	4,0	36	5,44	21,08	7,68	4,3
5	65	25	6,0	50	9,95	57,80	16,00	7,1
6	45	22,5	6,5	36	6,81	16,39	7,29	5,0
7	55	28	7,5	45	10,12	35,62	13,58	8,0
8	70	35	6,0	55	11,68	73,17	20,91	9,0
9	70	30	8,0	56	13,56	78,34	22,66	11,0

Die Kosten der Feldeisenbahnen

richten sich nach dem Zweck, den dieselben erfüllen sollen, also namentlich nach der Grösse und nach der Beschaffenheit der zu transportirenden Massen, nach der richtigen Auswahl und nach den Preisen der Schienen und Schwellen, sowie der Transportgefässe, endlich bezüglich der Unterhaltung nach der Güte der verwendeten Materialien und nach der Befähigung des Betriebsleiters. Auf schlecht gelegten und unterhaltenen Bahnen nützen sich sowohl die Schienen als auch die Transportwagengestelle vor der Zeit ab.

Die Kosten der gewalzten Eisenschienen stellen sich bei Bezug von Quantitäten von 10000 kg und mehr Gewicht loco Werk pro 100 kg durchschnittlich auf 11 Mark bis 11 Mark 50 Pf., die der Stahlschienen auf 12 Mark 50 Pf. bis 14 Mark. Loco Arbeitsplatz dürfen diesen Preisen je nach der Entfernung vom Werk durchschnittlich 2—3 Mark zugeschlagen werden. Da die Tragkraft der letzteren aber um ca. das $1^1/_2$fache grösser ist als bei den Walzeisenschienen und deshalb auch die Stahlgleise bei gleicher Tragkraft wie die Eisenschienengleise um Vieles leichter werden, überdies leichter verlegbar sind, so kommen neuerdings Stahlschienen fast ausschliesslich zur Anwendung.

Die Schienen für die festen Gleise werden gewöhnlich in Längen von 5—6^m geliefert.

Beim Eisenbahn- und Bergbau begnügt man sich meistens mit dem Holzschwellenoberbau aus ganzen oder gespaltenen, gut ausgetrockneten, möglichst harzreichen Rollern von 9—12^{cm} Durchmesser aus Lärchen-, Rothforchen oder Tannenholz, theils in rohem, theils in imprägnirtem Zustande oder man wendet 20 cm breite, 5 cm starke Dielen für Stossschwellen und solche von 12 cm Breite für die Zwischenschwellen an, welche zum Schutz gegen das Spalten an den Enden mit Querbolzen versehen werden. Diese Anordnung ist jedoch theurer und weniger zweckmässig. Da der fm Nadelholz durchschnittlich loco Feld auf 5 bis 6 Mk. und der Meter Schwelle hierbei auf ca. 18—20 Pf. zu stehen kommt, desgleichen 100 kg Schuhe für die Stösse ca. 24 Mk. 50 Pf., 100 Stück geschmiedete Hackennägel durchschnittlich 2 Mk. 75 Pfg. (bei 0,14 kg Gewicht 125^{mm} lg. à 4,4 Pf., desgl. von 0,1 kg 110^{mm} lg. à 3,25 Pf., bei 0,06 kg 100^{mm} lg. à 2,4 Pf.), Schraubenbolzen pro 100 Stück von $^4/_{10}{}^{mm}$ Länge und Dicke 4 Mk. 50 Pf., von $^{50}/_{11}{}^{mm}$ 5 Mk. 50 Pf., $^{60}/_{12}{}^{mm}$ 6 Mk. 40 Pf. kosten, so stellt sich der Preis der Stahlgleise bei 1,0^m Schwellenlänge, 0,95^m Schwellendistanz und 0,6^m Spurweite bei 6^m langen Schienen von 4,7 kg Gewicht pro Meter für die ganze Schienenlänge auf ca. 12 Mk. excl. Legen, mit letzterem auf ca. 12 Mk. 80 Pf. oder der laufende Meter auf 2 Mk., wobei, wie oben erwähnt wurde, die Bahn von 1500 kg (30 Centner Brutto) schweren Wagen befahren werden kann. Das Gewicht einer solchen Bahn beträgt durchschnittlich pro Meter 14 kg

Die Hoffmann'schen Schienen wiegen 2,03 kg bezw. 2,5 kg, 5,83 und 7,25 kg pro laufenden Meter werden von dem Hüttenwerk „Union" in Dortmund aus Bessemer Stahl ausgewalzt und kosten loco Werk bei 2,03 kg pro Meter Gewicht 50 Pf., bezw. 60 Pf., 1 Mk. 50 Pf. und 1 Mk. 75 Pf. pro Meter, bei grösserem Bezug ermässigt sich dieser Preis.

Die Stahlgleise mit stählernen Querschwellen der Georgs-Marienhütte kosten loco Werk pro lfd. Meter Gleis ca.:

Bei einer Jochlänge von	Schienenprofil I, Schwellenprofil I.			Schienenprofil II, Schwellenprofil II u. III.			Schienenprofil III, Schwellenprofil III.			Bemerkungen.
Meter.	M.	Pf.	Gewicht der Schiene 7,5 kg u. der Schwelle 9 kg pro Meter.	M.	Pf.	Gewicht der Schiene 5,8 kg u. der Schwelle 4 kg pro Meter.	M.	Pf.	Gewicht der Schiene 4,0 kg u. der Schwelle 3 kg pro Meter.	Diese Preise gelten für alle Stossverbindungen, sowie für Trapezjoche; b. Curvenjochen ein Zuschlagspreis von 0,4 M. pro Meter.
2	5	70		4	20		3	60		
3	5	70		3	90		3	30		
4	4	60		3	30		2	70		
5	4	60		3	30		2	70		

Die Widerstandsmomente der Schienen I, II und III betragen 18700 bezw. 15000 bezw. 10000, auf mm bezogen. Diese Schienen tragen bei einer Schwellendistanz von 1^m 2400 kg bezw. 1800 und 1200 kg Axbelastung.

Digitized by Google

Das Verlegen und Verbinden der Vignoleschienengleise erfordert je nach dem Gewicht der einzelnen Gleisstränge 2—4 Mann, wenn der Boden eben und daher nicht vorzubereiten ist. Die Arbeitsleistung bleibt nahezu unverändert, ob 2, 4 oder 6^{m} lange Stränge, die mittelst Wagen an die Arbeitsstelle geführt werden, zu verlegen sind und beträgt pro Arbeiter und Arbeitsstunde im Mittel ca. 110^{m}, wobei jedoch die Beifuhr der Materialien nicht inbegriffen ist.

Nach anderweitigen Erfahrungen wird ein 1 km langes Gleise mit 4,6 kg schweren je 6^{m} langen Schienen und mit Holzschwellen von zwei Mann in 30 Stunden auf 30—50^{m} Entfernung transportirt, vollständig abgebrochen und incl. etwaiger Drehscheiben, Curvenschienen und dergl. frisch verlegt.

Forstliche Bahnen für den Transport von bis zu 8 fm starkem Langholz, sowie von Brennholz in Quantitäten von ca. 12 cbm auf einem Doppelwagen mit Truckgestellen erhalten zweckmässig 0,6^{m} Spurweite und auf festliegenden Bahnstrecken Joche von ca. 5—6^{m} Länge. Als Schwellen werden entweder 15^{cm} starke, in der Mitte durchgesägte oder gespaltene Roller von 1,0^{m} Länge; und als Profil der Stahlschienen das oben unter No. 5 u. 7 aufgeführte von 7,1 bezw. 8 kg Gewicht verwendet, wobei die Schwellen bei den ersteren in 1,5^{m}, bei den 8 kg schweren Schienen in 1,8—2,0^{m} Entfernung zu legen sind, oder aber man wendet ein Stahlgleise, wie z. B. oben angegeben wurde, an. Bei schwebenden Stössen (mit Laschenverbindung) erhalten die Schwellen 20^{cm} Entfernung von Mitte zu Mitte, wenn man nicht eine andere Verbindung mit Schuhen und dergl. auf einer Stossschwelle vorzieht.

Die Zahl der Doppelwagen richtet sich nach dem Materialanfall und nach der Länge der Bahn; je länger die letztere ist, desto mehr Wagen sind einzustellen. Ein Zug mit 40 fm Nadelholz enthält gewöhnlich fünf Doppelwagen von 5—6000 kg Tragkraft, wird auf ebener Bahn von zwei Pferden gezogen und von einem bis zwei Arbeitern begleitet.

Die Transportkosten berechnen sich leicht aus der Geschwindigkeit des Zugpferds und den Gespannskosten pro Tag und betragen je nach der Entfernung durchschnittlich 5—6 Pf. pro fm und km für den Hin- und Herweg.

Soll aus einem Schlag jährlich eine Holzmenge von 20000 fm in den 6 Wintermonaten ausgebracht werden, wobei 8 fm per Doppelwagen geladen und 2 Doppelwagen von einem Zweigespann abgeführt werden können, so kann man bei 11 km Entfernung mit 6 Gespannen täglich etwa 160 fm abführen. Man braucht hierzu 24 Wagen, ausserdem werden 12 Wagen auf der Ablage und 12 Wagen auf der Rückfahrt, 18 Wagen endlich im Schlag sich befinden, so dass der Wagenpark aus 66 Wagen bestehen muss.

Die Kosten des Verlegens der Gleise richten sich nach der Gleis- und nach der Joch(Schienen-)länge, nach der Beschaffenheit des Terrains, nach der Geübtheit der Arbeiter und nach der Construktion und dem Gewicht der Joche.

Zum erstmaligen Verlegen incl. Aufladen und Transport vom Lagerplatz der Joche zur Baustelle sind durchschnittlich 3 Mann, zum Aufnehmen und seitlichen Verlegen 2 Mann erforderlich

Das erstmalige Verlegen von 2^{m} langen Jochen erfordert unter günstigen Verhältnissen (Construktion Spalding & Dolberg) pro 100^{m} Gleise durchschnittlich 15 Minuten Zeit und bei t = 9 Arbeitsstunden $^{1}/_{12}$ t; $^{1}/_{9}$ t (mit weniger geübten Arbeitern und bei unzweckmässiger Construktion); das Verlegen eines Ausweichgleises mit 2 Weichen von zusammen 30^{m} Länge $^{1}/_{27}$ t; das Aufnehmen und Wiederverlegen eines Gleises von 2^{m} langen Jochen bis zu 10^{m} Entfernung unter denselben Verhältnissen wie oben ca. $^{1}/_{40}$ t.

Das Aufladen von Langholz geschieht theils mittelst der Hebelade, theils mittelst eines transportabeln Krahnens oder eines schiefen Bocks.

Das Anrücken des Holzes kostet in nicht geordneten Schlägen ca. 20 Pf., unter ganz günstigen Verhältnissen nur ca. 5 Pf pro fm; das Aufladen 20—30 Pf., das Abladen 6—15 Pf. pro fm.

Wenn gewöhnliche Transportwagen auf Feld- oder Waldbahnen übergehen sollen, so werden einfache Rampen aus Holz angebracht, auf welche erstere auffahren, um mit ihren Axen von den Schemeln der Bahnwagen selbstthätig auf- und mitgenommen zu werden. In ähnlicher Weise erfolgt die Entlastung der Bahnwagen am Ende der Bahnen.

Wenn gebremst werden muss, so erhöhen sich die Transportkosten entsprechend der hierauf verwendeten Arbeitszeit des begleitenden Arbeiters

Das rollende Material und weitere Preisnotizen.

Das rollende Material der Feld- und Waldbahnen wurde in den letzten Jahren in hohem Maasse vervollkommnet. Es zeichnen sich hier besonders die Georgs-Marienhütte in Osnabrück, der Bochumer Bergwerksverein, Dolberg in Berlin, Spalding in Jankow u. A. aus, aus deren Preiscouranten nähere Angaben zu entnehmen sind. Besonders hervorzuheben ist der zu verschiedenen Zwecken verwendbare Universalwagen.

Zu Veranschlagungen sollen noch einige Preisnotizen loco Werk folgen, wobei die Spurweite von 60^{cm} zu Grunde gelegt ist.

Preise der Georgs-Marienhütte in Osnabrück:

1 Universalwagen mit federnden Zugstangen, Buffern und Axen	175 Mk.
1 desgl. ohne Federung	115 «
Hierzu eine Schneckenbremse	45 «
1 Plattform aus Buchenholz	10 «
1 Gitteraufsatz	45 «
1 Mulde von Eisenblech mit Kippvorrichtung für $^1/_2$ cbm Inhalt	80 «
1 desgl. für $^3/_4$ cbm Inhalt	90 «
1 Kippdrehschemel	90 «
1 Klafterholz- und Stangenaufsatz	80 «
1 grosse Plattform	10 «
1 Seitenkippwagen mit Blechmulde oder mit Gittermulde und Holzfütterung von $^1/_2$ cbm Inhalt	140 «
1 desgl. von $^3/_4$ cbm Inhalt	160 «
1 Vorderkipper und 1 Gitterwagen je	140 «
1 transportable Laderampe mit 2 Paar Gabelaufsätzen zum Transport beladener Wagen auf eine Feld- oder Waldbahn ohne Umladung	35 «

	für Schienen von 7,5 kg	5,8 kg	4,0 kg Gew.
1 Zungenweiche	86 Mk.	70 Mk.	65 Mk.
1 Schleppweiche	83 «	75 «	70 «
1 einfache Kletterweiche	27 «	24 «	22 «
1 doppelte Kletterweiche	43 «	40 «	37 «
1 Schienenbrücke	25 «	24 «	23 «
1 Weichen- und Brückenrampe	19 «	18 «	17 «
Wendeplatten	45 «	45 «	45 «
Drehscheiben aus Stahl	209 «	207 «	204 «
Drehscheiben aus Gusseisen	—	60 «	55 «

Seiten- und Endkippwagen von Eisenblech und ganz eisernem Gestell kosten bei 0,5 0,75 1,0 cbm Inhalt
ca. 180 220 260 Mark.

1 starker Nutzholzwagen, bestehend aus je 2 Plattformwagen mit Drehschemeln, Kette und Haken kommt bei 2000 kg Tragkraft auf ca. 400 Mk., bei 6000 kg Tragkraft auf ca. 600 Mk. zu stehen.

1 desgl. mit niederen Plattformwagen ohne Kette ca.	200 Mk.
1 Muldenkippwagen für Rübentransporte und dergl. mit hölzerner Mulde von 0,75 cbm Inhalt kostet ca.	150 «
Desgl. ganz von Eisen bei 0,5, 0,75 u. 1,0 cbm Inhalt 150, bzw. 180 u.	220 «
1 Truckplateauwagen für 28 Körbe von je 110 l Inhalt in 2 Etagen incl. Körben	400 «
1 desgl. für 5 rm Klafterholz	350 «
1 Rüben- oder Düngertransportwagen mit abnehmbarem Tragkorb für Lasten von 120—150 kg Gewicht kostet	40 «
Der Tragkorb allein	12 «
1 eiserner Plattformwagen für 300 kg Tragkraft	30 «
2 Stahlaxen mit 4 einrändigen Hartgussrädern und Axlagern	56 «
2 Eisenaxen « 4 « « mit Kapselverschluss	48 «
2 « « 4 « « ohne «	36 «
2 « « 4 « gewöhnlichen Gussrädern	25 «
1 Bremse	10 «
1 gusseiserne Drehscheibe auf Kugellagern	55 «
1 Aufladevorrichtung für Langholz mit schiefer Ebene	250 «
Bogenförmige Aufladevorrichtung	285 «
1 dreitheilige «	215 «
Stationäre Bremse	75 «

Digitized by Google

Bei dem Transport kleinerer Massen von verschiedener Beschaffenheit empfiehlt sich der Kostenersparniss halber die Anschaffung abnehmbarer Obergestelle, welche den betreffenden Materialien entsprechend construirt sein müssen, so dass also die gleichen Untergestelle sowohl zum Transport von Rüben u. dergl. im Sommer als auch zum Mistführen im Winter u. s. w. verwendet werden können.

Die Dolberg'sche patentirte Kletterweiche kommt auf ca. 55 Mk. zu stehen und wiegt ca. 89 kg.

Transportable elektrische Feldbahnen.

Die Firma Arthur Koppel, Berlin NW, Dorotheenstr. 32 befasst sich mit der Herstellung vorstehend bezeichneter Einrichtungen. Der Betrieb geschieht durch oberirdische Stromleitung, welche an leicht aufstellbaren Jochen dem Motorwagen zugeführt wird. Die Leitungsjoche sind aus Eisen U förmig hergestellt und ruhen auf einer verlängerten Schwelle des Gleisrahmens. Durch Anspannung des Leitungsdrahtes werden sie festgehalten. Rückleitung durch die Schienen. Die Einrichtung an bestehenden Feldbahnen soll sich leicht durchführen lassen. Obwohl bisher Erfahrungen nicht vorliegen, dürfte diese Einrichtung für grössere Bauten, bei welchen namentlich eine stehende Dampfmaschine als Krafterzeuger zugleich für Beleuchtung dient, mit Vortheil Verwendung finden.

XXII. Lehr- und Arbeitsgerüste.

Von C. Wilcke, Kreisbauinspector.

A. Lehrgerüste. Die Lehrgerüste kleiner Spannweiten bis etwa 3^m bestehen meistens aus zusammengenagelten Bohlen; für die grösseren erfolgt vollständige Verzimmerung, wobei das System der Bund- und Leergespärre mit Vortheil zur Anwendung kommen kann. Die auf das Lehrgerüst radial wirkende Aussenkraft ist (Fig. 15):

$$L = G \cdot \sin \alpha - \mu G \cos \alpha.$$

Fig. 15.

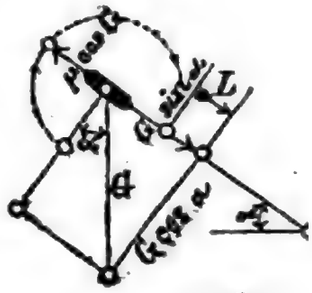
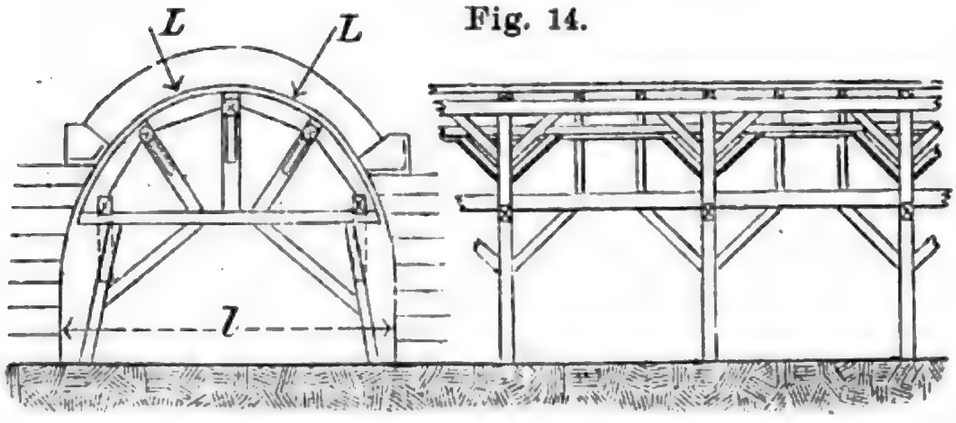


Fig. 14.



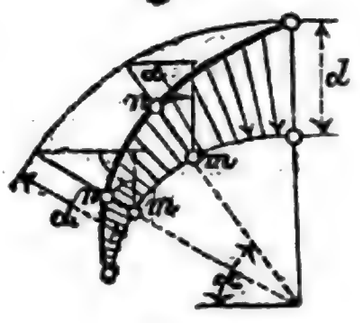


Fig. 16.

Für die Stärke d und Breite 1 des Gewölbes, sowie für das Gewicht pro Cubikeinheit γ' folgt das Gewicht des Steines $= G = d\gamma'$.

Wenn $\gamma = 1$ und der Reibungscoëfficient $\mu = 0{,}5$ ist, wird $nm = L = d\,(\sin \alpha - 0{,}5 \cdot \cos \alpha)$. Durch Wiederholung dieser Construction bildet sich die „Druckfläche". Die erforderlichen Materialien bezw. die Arbeit pro laufenden Meter Tiefe des 1^m weiten Bauwerkes sind nach folgenden, auf Grund ausgeführter Beispiele festgestellten Gleichungen zu berechnen:

1) cbm Holz: $q = 0{,}056\,l + 0{,}010\,l^2$ à 40 Mk.,
2) lfd. Meter Bearbeitung: $b = 2{,}510\,l + 0{,}260\,l^2$ à 0,35 Mk.,
3) kg Schmiedeeisen: $e = -0{,}085\,l + 0{,}091\,l^2$ à 0,8 Mk.

Unter Annahme der beibemerkten Einheitspreise entsteht nach Addition folgende Gleichung der Kosten der Lehrgerüste p . m Tiefe für 1^m weite Bauwerke:

$$4)\ K = 3{,}05\,l + 0{,}564\,l^2.$$

In nachstehender Tabelle sind die betreffenden Werthe obiger Gleichungen für die Spannweiten 0,5 bis 16^m enthalten.

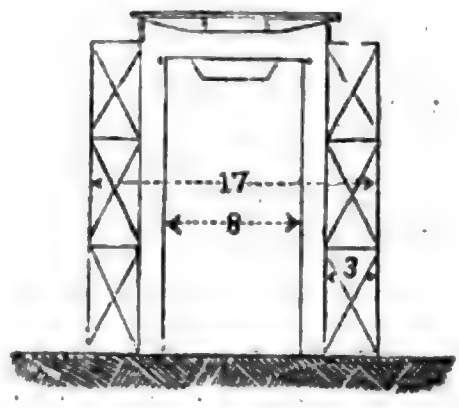
l	q	b	e	K	l	q	b	e	K
m	cbm	lfd. Meter.	kg	Mark.	m	cbm	lfd. Meter.	kg	Mark.
0,5	0,031	1,32	—	1,67	7	0,882	30,31	3,86	48,99
1	0,066	2,77	0,01	3,61	8	1,088	36,72	5,14	66,50
1,5	0,107	4,35	0,08	5,84	9	1,314	43,65	6,61	73,13
2	0,152	6,06	0,13	8,36	10	1,560	51,10	8,25	86,90
2,5	0,203	7,90	0,36	11,15	11	1,826	59,07	10,08	101,79
3	0,258	9,87	0,56	14,23	12	2,116	67,56	12,08	117,82
4	0,384	14,20	1,02	21,22	14	2,744	86,10	16,65	152,25
5	0,530	18,45	1,85	29,35	15	3,090	96,15	19,20	172,65
6	0,696	24,42	2,77	38,60	16	3,450	106,72	21,94	193,18

B. Arbeitsgerüst. Auf Grund ausgeführter, nach Fig. 17 construirten Arbeitsgerüste erfordern die auf beiden Seiten des Bauwerks befindlichen Rüstungen (incl. ihrer gegenseitigen Verbindung, jedoch excl. der Fahrschlitten) pro qm Ansichtsfläche:

1) 0,1—0,13 cbm Holz à 40 Mk.,
2) 3,8—4,2 lfd. M. Bearbeitung à 0,35 Mk.,
3) 0,24—0,4 qm Bohlen à 2,5 Mk.,
4) 0,5—0,8 kg Schmiedeeisen à 0,8 Mk.

Mit Rücksicht auf die beibemerkten Einheitspreise folgen nach Addition die Gesammtkosten pro qm Ansichtsfläche 6,33 bis 8,31 Mark.

Fig. 17.



Digitized by Google

XXIII. Elektrotechnik.

Bearbeitet von Prof. Dr. W. Wedding zu Berlin.

Allgemeines.

Die in der Elektrotechnik gebrauchten Grundmaasse oder Einheiten sind die Einheit des Widerstandes, die Einheit der Stromstärke und di Einheit der elektromotorischen Kraft, kurzweg auch Spannung genannt.

Die Einheit des Widerstandes (W) ist das Ohm.
Die Einheit der Stromstärke (J) ist das Ampère.
Die Einheit der elektromotorischen Kraft oder Spannung (E) ist das Volt.

Ein Ohm ist dargestellt durch den Widerstand, der sich dem Strom in einer Quecksilbersäule von 106,3 cm Länge und 1 qmm Querschnitt bei 0° C. entgegenstellt.

Der Widerstand jedes Leiters der Elektrizität ist durch die Beziehung gegeben: $W = s \frac{l}{q}$. Misst man die Länge (l) in Metern, den Querschnitt (q) in Quadratmillimetern, so erhält man den Widerstand (W) in Ohm, wenn (s) den Proportionalitätsfaktor oder die Materialconstante darstellt. Die Grösse (s) wird der specifische Widerstand, der reciproke Werth $\left(\frac{1}{s} = k\right)$ das specifische Leitungsvermögen genannt.

Specifischer Widerstand und Leitungsvermögen verschiedener Körper bei 18° C.

Leitungswiderstand verschiedener Körper bei 18° C.

	s	k		s	k
Silber, Ag	0,017	59	Blei, Pb	0,22	4,6
Kupfer, Cu	0,018	54	Neusilber	0,25 bis 0,4	4 bis 2,5
Gold, Au	0,024	41	Nickelin		
Zink, Zn	0,067	15	Rheotan		
Messing	0,077	13	Quecksilber	0,943	1,06
Eisen, Fe	0,125	8	Retorten Kohle . .	50	0,02
Platin, Pt	0,14	7			

Der Widerstand ändert sich mit der Temperatur und nimmt mit wachsender Temperatur bei den Metallen zu und bei Kohle ab. Bezeichnet man den Widerstand bei einer Anfangstemperatur (z. B. 0°) mit w_0, bei Erhöhung der Temperatur um t° mit w_t, so besteht die Gleichung:

$$w_t = w_0 (1 \pm \alpha t),$$

α nennt man den Temperaturcoefficienten, d. i. die Widerstandsänderung, die ein Ohm des betreffenden Materiales bei der Erwärmung um 1° erfährt. Für reine feste Metalle beträgt die Widerstandsänderung bei 1° Temperaturdifferenz 0,4 %, bei Hg 0,09 %, bei Neusilber 0,04—0,02 %, bei Manganin $\pm$ 0.

Die Widerstände aller flüssigen Leiter (Salz- und Säurelösungen) sind erheblich grösser als die der festen Metalle. Wegen der Zersetzung bei der Durchleitung von Gleichstrom muss bei der Messung Wechselstrom verwendet werden.

Ein Ampère ist die Stärke desjenigen Stromes, der während einer Secunde 1,118 mgr Silber aus einer Silberlösung ausscheidet.

Ein Volt ist durch den Zusammenhang zwischen dem Widerstand und der Stromstärke in diesem Widerstande gegeben. Diese Beziehung ist durch das Ohmsche Gesetz als grundlegendes Gesetz gegeben.

Das Ohmsche Gesetz besagt: In jedem einfachen in sich geschlossenen Stromkreise ist die elektromotorische Kraft gleich dem Produkte aus dem Widerstande und der Stromstärke in diesem Stromkreise. Als Gleichung geschrieben lautet das Gesetz

$$E = J \cdot W.$$

Digitized by Google

Da nicht nur in dem gesammten Stromkreise eine bestimmte elektromotorische Kraft vorhanden sein wird, sondern auch zwischen irgend zwei Punkten des Kreises eine gewisse Spannung (Nutzspannung) auftreten wird, welche durch die elektromotorische Kraft an der einen Stelle erzeugt wird, so lässt sich auch auf irgend zwei Punkte des Stromkreises das Ohmsche Gesetz anwenden. Liegt zwischen den beiden Punkten des Stromkreises der Widerstand (w) als Theil von (W) und fliesst der Strom (J) hindurch, so wird an den Enden von (w) eine gewisse Spannung (e) herrschen. Diese ist nach dem Ohmschen Gesetz gegeben durch:

$$e = J \cdot w.$$

e bezeichnet in dieser Gleichung auch den Spannungsabfall oder Spannungsverlust, den der Strom bei dem Durchfliessen des Widerstandes w erfährt.

Eine Verallgemeinerung des Ohmschen Gesetzes bilden die beiden Kirchhoffschen Gesetze. Diese gelten für beliebig verzweigte Stromkreise.

Betrachtet man die Richtungen der elektromotorischen Kräfte und Stromstärken in dem einen Sinne als positiv und in dem anderen als negativ, so sagt das erste Kirchhoffsche Gesetz, dass in einem Verzweigungspunkte die Summe aller Stromstärken gleich Null ist:

$$\Sigma J = 0.$$

Das zweite Gesetz besagt, dass in jedem verzweigten Stromkreise die Summe sämmtlicher elektromotorischer Kräfte gleich der Summe aus den Produkten der Widerstände der einzelnen Zweige und der darin herrschenden Stromstärken ist:

$$\Sigma E = \Sigma (J \cdot W).$$

Die Gesetze der Verzweigungen finden ausgedehnte Anwendung in der Messung von Widerständen mittelst der Wheatstone'schen Brücke, in der Parallelschaltung und Berechnung von Leitungsanlagen.

Das Joulesche Gesetz behandelt die Arbeitsleistung in einem Widerstand und besagt, dass die in einem Leiter in der Secunde aufgezehrte elektrische Arbeit (A) proportional dem Quadrate der Stromstärke und dem Widerstande ist:

$$A = c \cdot J^2 \cdot W = c \cdot E \cdot J = c \cdot \frac{E^2}{W} \text{ (nach dem Ohmschen Gesetz).}$$

Handelt es sich nicht um den gesammten Widerstand (W) in dem ganzen Stromkreise, sondern nur um einen Theil (w), so wird:

$$a = c \cdot J^2 \cdot w = c \cdot e \cdot J = c \cdot \frac{e^2}{w}.$$

Nimmt man als Einheit der Spannung das Volt, als Einheit der Stromstärke das Ampère, so misst man die Arbeit durch das Produkt aus Spannung und Stromstärke in dem Widerstande, in Voltampère oder Watt.

Da 736 Voltampère äquivalent mit einer Pferdestärke sind, so ist die elektrische Leistung in mechanische umgerechnet nach der Gleichung

1 P. S. = 736 Watt.
1 Watt-Secunde = 0,240 Grammcalorien.

Wirkungen des elektrischen Stromes.

a) Wärmewirkungen.

Die in einem Widerstande entwickelte Wärmemenge ist nach dem Jouleschen Gesetze gegeben. In den Leitungen hat man bei der Fortleitung des Stromes auf grössere Entfernungen unter Umständen grosse Verluste durch die unbenutzte Umsetzung elektrischer Energie in Wärme. In der Praxis wird diese Wärme benutzt zum Heizen der elektrischen Bahnwagen. In Amerika (Cleveland) sind unter den Sitzen in den Wagen Spiralen aus Draht angebracht, die für den Wagen 1 P. S. an Energie aufzehren, um die entwickelte Wärme zur Erhitzung der Luft im Wagen zu benutzen. Weiter benutzt man die Wärme auf den Bühnen zur Vermeidung offener Flammen zur Erhitzung von Scheeren; zum Plätten und Kochen. Hierbei legt man auf eine Eisenplatte eine Emailleschicht, bettet in diese den zu erhitzenden Draht in Zickzackform und

legt darauf eine zweite Emailleschicht zur Isolirung. An die freien Enden des Drahtes wird durch zwei Klemmen die Stromverbindung geführt. Die entwickelte Wärme wird durch Leitung auf die Eisenplatte und von dieser direct auf das Werkstück weiter übertragen. Beim Schweissen verwendet Thomson Ströme von niedriger Spannung, etwa 5 Volt, aber grosser Stärke (mehrere Tausend Ampère), während Slavianoff und Zehrener die im elektrischen Lichtbogen entwickelte Wärme bei etwa 50—100 Volt und 10—100 Amp. verwenden. Die Wärmeentwicklung lässt sich weiter zum Löthen, Nieten, Sprengen in der Minenzündung, zur Darstellung chemischer Verbindungen (Calciumcarbid) u. s f. verwenden.

Wird die Wärmeentwickelung genügend gesteigert, so tritt neben der dunklen Wärmestrahlung auch helle oder Licht-Strahlung auf.

b) Lichtwirkungen.

Die Lichtwirkungen werden in der Beleuchtungstechnik in ausgedehntem Maasse zur Beleuchtung durch Glüh- und Bogenlicht verwendet.

In der Glühlampe wird der verkohlte und dadurch leitend gemachte Faden einer Kohlenstoffverbindung in Folge seines sehr hohen Widerstandes bis zur Weissgluth in einer luftleer gepumpten Glasbirne gebracht. Die Temperatur liegt nicht weit von der Verdampfungstemperatur des Kohlenstoffes entfernt. Der Energieverbrauch einer Glühlampe richtet sich nach der verlangten Kerzenstärke. Man rechnet auf 1 Kerze 3 Watt, mithin auf 16 Kerzen rund 50 Watt. Mithin braucht die 100 voltige Lampe 0,5 Ampère an Stromstärke und hat in glühendem Zustande 200 Ohm Widerstand, kalt etwa doppelt so viel.

In der Bogenlampe haben wir nicht einen continuirlichen Leiter wie durch den Faden in der Glühlampe, sondern eine Unterbrechungsstelle zwischen 2 Kohlenstiften. Wegen des hohen Widerstandes der kalten Luft müssen die Kohlen zuerst auf einander liegen. Bei dem Stromdurchgang werden sie selbstthätig aus einander gezogen. Dabei entsteht in der hocherhitzten Luftstrecke ein Lichtbogen (Davy'scher Bogen), durch den der Strom weiter übergeht. Die obere positive Kohle brennt kraterförmig aus und wirft ihr Licht nach unten; die untere negative Kohle brennt spitz zu. Bei dem Abbrand der Kohlen tritt ein selbstthätiges Nachreguliren der Kohlen auf elektromagnetischem Wege durch den Mechanismus der Lampe ein.

Die Ausnutzung der aufgewendeten Energie ist in der Bogenlampe günstiger wie in der Glühlampe, da in der Bogenlampe auf 1 Kerze nur etwa 0,6 Watt zu rechnen sind. Die Glocken der Bogenlampen absorbiren sehr viel Licht; man kann durchschnittlich 30% rechnen.

Geht die Verbrennung der Kohle im luftdicht abgeschlossenen Raume vor sich (Jandusbogenlampe), so ist der Abbrand der Kohlen wesentlich langsamer wie sonst, sodass eine solche Lampe etwa 100 Stunden brennen kann, ohne dass eine Erneuerung der Kohlen stattfindet. Die Ausnutzung ist weniger günstig wie bei den sonst gebrauchten Bogenlampen.

Neuerdings sind Versuche mit Acetylenbeleuchtung besonders von J. Pintsch gemacht worden. Acetylen gewinnt man aus Calciumcarbid, welches in einem elektrischen Schmelzofen durch Zusammenschmelzen von Kohle und Kalk in der Hitze des elektrischen Lichtbogens entsteht. Aus dem Carbid entsteht das Acetylen durch Uebergiessen mit Wasser. Wegen der grossen Explosionsgefahr, welche Acetylen bei einem Druck über 6 Atmosphären bietet, hat Gerdes bei Pintsch Versuche mit der Bereicherung der üblichen Gase durch Acetylen gemacht und sehr günstige Resultate in Bezug auf Helligkeit und Kosten erzielt.

c) Chemische Wirkungen.

Durch den elektrischen Strom treten Zersetzungen chemischer Verbindungen ein. Eine ausgedehnte Anwendung findet in der Elektrochemie in den elektrolytischen Prozessen anorganischer und organischer Verbindungen, in der Galvanoplastik und Galvanostegie statt.

d) Magnetische Wirkungen.

Jeder von einem elektrischen Strome durchflossene Leiter erhält magnetische Eigenschaften, da er von einer Wirkungssphäre umgeben wird, die man als Kraftlinienfeld bezeichnet. Je stärker der Strom ist, um so stärker ist auch das Feld magnetischer Kraftlinien. Umgekehrt kann man sich jedes magnetische Feld oder einen Stahlmagneten ersetzt denken durch stromführende Leiter, welche dasselbe Feld von gleicher Stärke erzeugen.

Erzeugung des Stromes.

Ein elektrischer Strom kann entstehen:

a) Durch direkte Umsetzung von Wärme in elektrische Energie unter Benutzung der Thermoelemente. Erhitzt man die Löthstelle zweier verschiedener Metalle, so entsteht ein Strom. Die Spannung der Thermoelemente ist so klein und die Kosten zum Betriebe der Thermosäulen für grössere technische Betriebe so hoch, dass die Thermosäulen nur sehr beschränkte Anwendung finden.

b) durch Umsetzung chemischer in elektrische Energie in den primären und secundären Elementen.

Die primären Elemente sind nur noch in beschränktem Maasse in Benutzung und dienen ausschliesslich nur zur Erzeugung schwacher Ströme von kurzer Dauer. Sie werden hauptsächlich noch im Telegraphen- und Telephonbetrieb, sowie in Hausanlagen für persönliche Zwecke benutzt. Häufiger gebrauchte Elemente sind die von Meidinger: Verbesserte Form des Daniell-Elementes; das Zink hängt in Bittersalzlösung; das Kupfer steht in Kupfervitriol; die Flüssigkeiten sind durch ihr verschiedenes specifisches Gewicht von einander getrennt. Bei der Zusammensetzung des Elementes lässt man in die Bittersalzlösung krystallisirte Kupfervitriolstücke bis auf den Boden fallen. Das Element wird von der Deutschen Reichstelegraphenverwaltung gebraucht.

Leclanché-Element: Das Zink steht in Salmiaklösung (25 %) neben einem Cylinder aus einer Mischung von Braunstein und Kohle. Setzt man der Lösung eine genügende Menge eines indifferenten Stoffes, z. B. Sägespähne bei, welche die Flüssigkeit aufsaugen und giesst das Element fest zu, so hat man ein Trockenelement.

Die secundären Elemente, Sammler oder Accumulatoren bestehen aus Blei und Bleiverbindungen in Schwefelsäure. Die Platten sind theils fest mit Riefen auf der Oberfläche zur Aufnahme der aktiven Masse, theils durchbrochen in Form von Gitterplatten, in welche die aktive Masse eingepresst wird. In die Zwischenräume der positiven Platten wird Mennige gepresst, welches durch Elektrolyse in Bleisuperoxyd verwandelt wird; in die Zwischenräume der negativen Platten kommt Bleiglätte, welche in reines Blei von schwammigem Zustande übergeführt wird. Die fertigen positiven Platten sehen dunkelbraun, die negativen grau aus. Um die Aufnahmefähigkeit und Capacität der Zelle zu vergrössern, nimmt man eine grössere Anzahl von Platten, von denen die positiven untereinander und die negativen untereinander durch einen aufgelötheten Bleistreifen vereinigt werden. Je tiefer die Umwandlung der Platten erfolgt, um so grösser wird die Capacität der einzelnen Zelle. Die elektromotorische Kraft jeder Zelle, d. h. die Spannung zwischen der positiven und negativen Platte oder den beiden Plattensätzen beträgt rund 2 Volt. Bei der Entladung und Rückbildung des Bleisuperoxydes und reinen Bleies sinkt diese Spannung bis auf 1,8 Volt. Man rechnet daher bei einer Beleuchtungsanlage mit 110voltigen Lampen auf einige 60 Zellen, welche hinter einander, d. h. auf Spannung geschaltet werden. Bei der Ladung steigt die Spannung allmählich bis auf 2,65 Volt, sodass bei einer Batterie von 60 Zellen zum Laden eine Betriebsspannung von 160 Volt an der Dynamomaschine verfügbar sein muss. Die meisten Sammler zeigen eine Capacität von 4 bis 8 Ampèrestunden für 1 kg Plattengewicht. Von der bei dem Laden aufgewendeten Energie erhält man meistens 80 % nutzbar wieder. Die Accumulatoren dienen zur Aufspeicherung elektrischer Energie in Form chemischer Energie bei elektrischen Anlagen mit ungleichmässigem Betriebe. Die Batterien liefern entweder nach Aufhören des Maschinenbetriebes Strom oder zu Zeiten grosser Beanspruchung oder Ueberanspruchung dienen sie zur Unterstützung des Maschinenbetriebes. Bei überflüssiger Betriebskraft können sie den Ueberschuss aufnehmen und zur Regulirung und

besseren Ausnutzung von Anlagen dienen. Sie werden ferner zum Betriebe von Strassenbahnen, Booten u. s. f. benutzt.

Zur Beleuchtung der Postwagen auf den Eisenbahnen sind Versuche mit Accumulatoren gemacht worden, die als tragbare Zellen zu mehreren in Kästen eingebaut sind. In England werden Accumulatoren auf den Bahnen in Verbindung mit einer Dynamomaschine zur Erzeugung von Licht verwendet. Beim Stillstand des Zuges liefern die Accumulatoren allein den Strom für die Lampen. Während der Fahrt liefert bei einer bestimmten Geschwindigkeit die Dynamomaschine den Strom für die Batterie und die Lampen. Bei weiter wachsender Geschwindigkeit wird das Gleiten des Riemens benutzt, so dass die Spannung der Dynamomaschine eine gewisse Grenze nicht überschreiten kann.

c) Umsetzung mechanischer in elektrische Energie.

In den Dynamomaschinen benutzt man ein Feld magnetischer Kraftlinien, um in bewegten Leitern einen Strom zu erzeugen. Bringt man nämlich eine Drahtschleife in ein magnetisches Feld und bewegt sie derartig, dass in der Drahtschleife magnetische Kraftlinien bald entstehen, bald verschwinden, so werden in dem die Schleife bildenden Drahte Ströme erzeugt oder inducirt. Zur Erzeugung des magnetischen Feldes verwendet man nicht mehr permanente Magnete, sondern Elektromagnete, da dieselben wesentlich stärkere Felder erzeugen. Als Drahtschleife bildet man den Anker der Dynamomaschine aus, indem man über einen Eisenkern Draht wickelt und die Enden des Drahtes an je einer Kupferscheibe auf der Welle befestigt. Bei der Rotation der Welle schleifen auf den Scheiben Kupferbürsten auf, welche die im Anker inducirten Ströme nach aussen zum Gebrauch ableiten.

Zunächst werden in dem Anker jeder Dynamomaschine Wechselströme inducirt; dies sind Ströme, welche nach einer bestimmten Drehung des Ankers ihre Richtung ändern. Der Stromverlauf hat im Allgemeinen sinusartige Form. Die Richtungsänderung oder Wechselzahl pflegt zwischen 80 und 200 Wechseln in der Secunde zu betragen.

Wenn man in dem Augenblick, wo der Strom an der einen Bürste seine Richtung ändern will, diese Bürste mit dem andern Theil des Ankers verbindet, welches in demselben Augenblick anfängt, einen Strom in derselben Richtung zu induciren, wie der erste Theil kurz zuvor, so fliesst nach aussen hin von den Bürsten ein gleichgerichteter Strom ab. Diese Vorrichtung nennt man einen Commutator. Derselbe ist bei allen Gleichstrommaschinen angebracht und dient dazu, den in den Ankerwindungen inducirten Wechselstrom als Gleichstrom in den äusseren Stromkreis abzuführen.

Wenn der auf der Welle befestigte Anker in dem magnetischen Felde sich dreht, so ist zunächst nur die Arbeit nöthig, um den Widerstand in den Lagern und durch die Luft zu überwinden. Dies ist die Leerlaufsarbeit der Maschine. Schliessen wir aber die Maschine, sodass bei der Rotation durch das magnetische Feld Strom im Anker inducirt wird, so haben wir auf Kosten der entstehenden elektrischen Energie einen Mehraufwand an mechanischer Arbeit zur Weiterbewegung des Ankers zu leisten.

Das magnetische Feld bezw. die Speisung der Elektromagnete besorgt jede Gleichstrommaschine allein auf Grund des dynamoelektrischen Principes von Siemens. Da nämlich jedes einmal magnetisirte Eisenstück einen gewissen Betrag von Magnetismus als remanenten Magnetismus beibehält, so gelingt es unter Benutzung des geringen vorhandenen remanenten Magnetismus einen ganz schwachen Strom im Anker zu induciren. Diesen Strom verwendet man zunächst zur Verstärkung des vorhandenen Magnetismus, indem man ihn durch die Drahtwindungen auf den Schenkeln oder Elektromagneten leitet. Durch den vergrösserten Magnetismus oder die Verstärkung des Feldes wird wiederum im Anker ein stärkerer Strom inducirt und auf diese Weise arbeitet sich die Spannung der Maschine nach wenigen Umdrehungen selbst in die Höhe.

Wechselstrommaschinen müssen zur Erregung entweder einen Theil des erzeugten Wechselstromes erst in Gleichstrom umsetzen oder von einer fremden Stromquelle (Erregermaschine, Accumulatoren) Gleichstrom für die Speisung der Elektromagnete erhalten.

Für die Ankerwickelungen unterscheidet man Trommel- und Ringanker; die Dynamomaschinen selbst theilt man in Wechsel- und Gleichstrommaschinen; letztere wieder in Hauptschluss-, Nebenschluss- und Compoundmaschinen.

Elektrische Kraftübertragung.

Jede Dynamomaschine kann als Elektromotor benutzt werden, wenn sie von einer äusseren Stromquelle mit Strom gespeist wird. Der von Strom durchflossene Anker beginnt sich in dem magnetischen Felde zu drehen und an der Welle wird mechanische Arbeit frei.

Man unterscheidet Wechsel- und Gleichstrom-Elektromotoren.

Bei den ersteren hat man Motoren für einphasigen, zweiphasigen und dreiphasigen oder Drehstrom. Die einphasigen Wechselstrommotoren haben bis jetzt nur beschränkte Anwendung gefunden, da sie nur unter bestimmten Bedingungen anlaufen und bei Ueberlastung leicht stehen bleiben. Die zweiphasigen Wechselstrommotoren haben in Amerika, die dreiphasigen oder Drehstrommotoren besonders in Deutschland neuerdings ausgedehnte Anwendung gefunden. Der benutzte Drehstrom ist eine Verkettung von drei Wechselströmen, welche in ihrer Phase um je 120^0 gegeneinander verschoben sind.

Die Elektromotoren finden eine ausgedehnte Anwendung in allen Betrieben, welche leicht an ein Kabelnetz Anschluss erhalten können.

Für Gleichstrom verwendet man fast nur Hauptschluss- oder Nebenschluss-Elektromotoren; erstere überall dort, wo es sich um eine grosse anfängliche Zugkraft und längeren gleichbleibenden Betrieb handelt; letztere dort, wo es sich um ein allmähliches Anlassen und constante Tourenzahl handelt.

Neuerdings wird man kaum noch grössere technische Betriebe ohne Anwendung von Elektromotoren ausführen. Hat man reich besetzte Transmissionen mit sehr constant belasteten Maschinen, so benutzt man Gruppenantrieb durch einen einzelnen Elektromotor für jede Gruppe. Bei ungleich belasteten Maschinen nimmt man Einzelantrieb. Die Resultate durch elektrischen Antrieb sind durchweg sehr günstig. Man hat geringere Stillstände der Maschinen und wesentliche Kostenersparnisse erzielt.

Bei Kraftübertragungen auf weitere Entfernung verwendet man Transformatoren für Wechsel- und Drehstrom. Den erzeugten niedrig gespannten Strom transformirt man durch einen Transformator auf einen hochgespannten von geringer Stärke. In Folge dessen kann man für die grosse Entfernung verhältnissmässig dünne, billige Kupferleitungen verwenden und verliert in den Leitungen bei Anwendung schwacher Ströme nicht zu viel von der aufgewendeten Energie. An der Verbrauchsstelle wird der hochgespannte Strom in einen niedrig gespannten von grosser Stärke zurücktransformirt. Die Transformatoren haben einen Verlust von etwa 3%.

Elektrische Bahnen.

Für elektrische Bahnen benutzt man durchweg Hauptschluss-Elektromotoren bei einer Betriebsspannung von 500 Volt. Der Strom wird dem im Untergestell des Wagens untergebrachten Elektromotor unter- oder oberirdisch zugeführt.

Das unterirdische System ist von Siemens & Halske in Budapest und Berlin durchgeführt. Das oberirdische System ist in fast sämmtlichen Staaten Nord-Amerikas verbreitet und gewinnt auch in Deutschland weitere Verbreitung. Der Strom wird aus der über den Schienen entlang gespannten blanken Leitung entnommen und nach dem System Sprague durch eine Rolle als Contact und einem Arm zu dem Motor des Wagens zugeführt (A. E. G.; Schuckert; Union u. a. m.), und durch die Schienen zur Erde und der Erzeugungsstation zurückgeleitet oder durch einen breiten Bügel (Siemens & Halske) der oberirdischen Leitung entnommen. Der breite Bügel gestattet bei Biegungen an Ecken und Weichen einen sicheren Contact mit der Leitung, während die Rolle bei einer Biegung leichter herausspringen kann, falls die oberirdische Leitung nicht durch genügende Verspannung in einem guten Bogen geführt ist. Die Wagen sind an die Leitung ähnlich wie Glühlampen angeschaltet d. h. unter einander parallel. Als Rückleitung dient allgemein der Schienenstrang und die Erde.

Wenn ein Elektromotor still steht, so ist beim directen Anschalten des Motors an die Leitung die Gleichung $E = J W$ erfüllt. Sobald der Anker des Motors anfängt sich zu drehen, sinkt die Stromstärke J Da nun E an der Erzeugerstelle constant gehalten wird und W constant

Digitized by Google

ist, so hat man sich das Abfallen von J mit wachsender Geschwindigkeit des Ankers durch die Entstehung einer wachsenden elektromotorischen Gegenkraft e im Anker zu erklären, so dass bei der Drehung des Ankers die obige Gleichung in die neue Gleichung $E - e = i \cdot W$ übergeht. Die Thatsache, dass beim Anfahren die Stromstärke und damit die Zugkraft des Motors am grössten ist, macht ihn gerade für Bahnbetrieb im höchsten Grade geeignet.

Um bei dem Anfahren den Motor durch zu starken Strom nicht zu überlasten, benutzt man Vorschaltewiderstände, die durch eine Kurbel mit wachsender Drehung des Ankers allmählich ausgeschaltet werden, so dass auf den Motor die volle Spannung E wirkt, sobald die elektromotorische Gegenkraft gross genug geworden ist.

Zu der Regulirung der Geschwindigkeit durch einen Vorschalterwiderstand kann man eine zweite Methode durch Veränderung der Feldstärke für den Anker nehmen, indem die Anzahl der magnetisirenden Windungen auf den Schenkeln des Motors verschieden geschaltet wird. Man pflegt beim Anfahren sämmtliche Windungen hinter einander und durch eine Anzahl von Zwischenstellungen für die volle Fahrt parallel zu schalten.

Beim Bremsen des Motors pflegt man den Strom auszuschalten und durch eine Kettenbremse den Wagen zu bremsen. Ausserdem kann man den von der Leitung abgeschalteten Motor auf einen Widerstand arbeiten lassen und die lebendige Kraft des Motors, der als Dynamo läuft, in dem Widerstand aufzehren. In Fällen grosser Gefahr kann man die Stromrichtung in der Magnetwicklung oder im Anker allein umkehren so dass der Motor entgegengesetzt läuft.

Bei den Strassenbahnen wiegt das Untergestell etwa 2000 kg. Zum Antrieb der Wagenaxen verwendet man eine Stirnradübersetzung von 4 : 1 oder 5 : 1, so dass die Motoren etwa mit 400—500 Touren laufen. Die Verluste der in Oel laufenden Getriebe soll 5—6 % betragen. Das Gewicht der heut gebrauchten Strassenbahnmotoren beträgt etwa 800 bis 900 kg.

Bei dem Anfahren gebraucht man etwa die sechsfache Zugkraft wie bei der Fahrt. Bei Strecken, welche nicht mehr als 3 % Steigung haben, verwendet man Motoren für etwa 15 P. S. Bei stärkeren Steigungen lässt man jede Axe durch einen besonderen Motor antreiben. Die Motoren werden anfangs hinter einander und bei voller Fahrt parallel geschaltet.

Bei kleineren Anlagen für 4—5 Wagen pflegt man für die Centralstation etwa 20 P. S. für 1 Wagen zu installiren, bei grösseren Anlagen (über 25 Wagen) etwa nur 10 P. S. für 1 Wagen.

Die Anwendung der Accumulatoren für elektrische Bahnen ist neuerdings an verschiedenen Stellen (z. B. Paris, Frankfurt a. M., Berlin, Hannover) versucht worden. Man betreibt die Strecken entweder nur mit Accumulatoren, die an den Enden der Strecke während der Haltezeit wieder geladen werden, oder befährt bei gemischtem Betrieb einen Theil der Strecke mit oberirdischer Leitung bei gleichzeitiger Ladung der Batterie und den zweiten Theil der Strecke nur mit Accumulatoren Die Accumulatorenfabriken glauben, Platten für die Accumulatoren herstellen zu können, die erstens in wenigen Minuten an einer Haltestelle wieder geladen werden können, und deren Kosten sich zweitens in einem Jahre amortisiren. Betriebsergebnisse hierüber fehlen noch.

Auch mit Drehstrom betreibt man elektrische Bahnen. Da man aber zwei von einander isolirte Luftleitungen nöthig hat, die besonders für Kreuzungen unbrauchbar sind, so wird die Anwendung von Drehstrom für Bahnen beschränkt bleiben.

Die Firma Arthur Koppel, Berlin, baut transportable elektrische Feldbahnen, die an einem Leitungsjoch mit U förmigem Träger auf einer verlängerten Schwelle die oberirdische isolirte Leitung tragen. Bei Spurweiten von 500^{mm} an können nach Angabe die Motoren innerhalb des Wagenuntergestelles an den Triebaxen federnd aufgestellt werden.

Gesetze und Normen.

I. Normen für einheitliche Lieferung und Prüfung von Portland-Cement.

Aufgestellt vom Königl. preuss. Ministerium der öffentlichen Arbeiten, Erlass vom 28. Juli 1887.

Begriffserklärung von Portland-Cement. — Portland-Cement ist ein Product, entstanden durch Brennen einer innigen Mischung von kalk- und thonhaltigen Materialien als wesentlichsten Bestandtheilen bis zur Sinterung und darauf folgender Zerkleinerung bis zur Mehlfeinheit.

I. Verpackung und Gewicht. — In der Regel soll Portland-Cement in Normalfässern von 180 kg brutto und ca. 170 kg netto und in halben Normalfässern von 90 kg brutto und ca. 88 kg netto verpackt werden. Das Bruttogewicht soll auf den Fässern verzeichnet sein.

Wird der Cement in Fässern von anderem Gewicht oder in Säcken verlangt, so muss das Bruttogewicht auf diesen Verpackungen ebenfalls durch deutliche Aufschrift kenntlich gemacht werden.

Streuverlust, sowie etwaige Schwankungen im Einzelgewicht können bis zu 2% nicht beanstandet werden.

Die Fässer und Säcke sollen ausser der Gewichtsangabe auch die Firma oder die Fabrikmarke der betreffenden Fabrik mit deutlicher Schrift tragen.

Begründung zu I. — Im Interesse der Käufer und des sicheren Geschäfts ist die Durchführung eines einheitlichen Gewichts dringend geboten. Hierzu ist das weitaus gebräuchlichste und im Weltverkehr fast ausschliesslich geltende Gewicht von 180 kg brutto = ca. 400 Pfd. englisch gewählt worden.

II. Bindezeit. — Je nach der Art der Verwendung kann Portland-Cement **langsam** oder **rasch** bindend verlangt werden.

Als langsam bindend sind solche Cemente zu bezeichnen, welche erst in zwei Stunden oder in längerer Zeit abbinden.

Erläuterungen zu II. — Um die Bindezeit eines Cements zu ermitteln, rühre man den reinen langsam bindenden Cement 3 Minuten, den rasch bindenden 1 Minute lang mit Wasser zu einem steifen Brei an und bilde auf einer Glasplatte durch nur einmaliges Aufgeben einen etwa 1,5 cm dicken, nach den Rändern hin dünn auslaufenden Kuchen. Die zur Herstellung dieses Kuchens erforderliche Dickflüssigkeit des Cementbreies soll so beschaffen sein, dass der mit einem Spatel auf die Glasplatte gebrachte Brei erst durch mehrmaliges Aufstossen der Glasplatte nach den Rändern hin ausläuft, wozu in den meisten Fällen 27—30% Anmachwasser genügen. Sobald der Kuchen soweit erstarrt ist, dass derselbe einem leichten Druck mit dem Fingernagel widersteht, ist der Cement als abgebunden zu betrachten.

Für genaue Ermittelung der Bindezeit und zur Feststellung des Beginns des Abbindens, welche (da der Cement vor dem Beginn des Abbindens verarbeitet sein muss) bei rasch bindenden Cementen von Wichtigkeit ist, bedient man sich einer Normalnadel von 300 g Gewicht, welche einen cylindrischen Querschnitt von 1 qmm Fläche hat, und senkrecht zur Axe abgeschnitten ist. Man füllt einen auf eine Glasplatte gesetzten Metallring von 4 cm Höhe und 8 cm lichtem Durchmesser

mit dem Cementbrei von der oben angegebenen Dickflüssigkeit und bringt denselben unter die Nadel. Der Zeitpunkt, in welchem die Normalnadel den Cementkuchen nicht mehr gänzlich zu durchdringen vermag, gilt als der „Beginn des Abbindens". Die Zeit, welche verfliesst, bis die Normalnadel auf dem erstarrten Kuchen keinen merklichen Eindruck mehr hinterlässt, ist die „Bindezeit".

Da das Abbinden von Cement durch die Temperatur der Luft und des zur Verwendung gelangenden Wassers beeinflusst wird, insofern hohe Temperatur dasselbe beschleunigt, niedrige Temperatur es dagegen verzögert, so empfiehlt es sich, die Versuche, um zu übereinstimmenden Ergebnissen zu gelangen, bei einer mittleren Temperatur des Wassers und der Luft von 15—18° C. vorzunehmen.

Während des Abbindens darf langsam bindender Cement sich nicht wesentlich erwärmen, wohingegen rasch bindende Cemente eine merkliche Wärmeerhöhung aufweisen können.

Portland-Cement wird durch längeres Lagern langsamer bindend und gewinnt bei trockener zugfreier Aufbewahrung an Bindekraft. Die noch vielfach herrschende Meinung, dass Portland-Cement bei längerem Lagern an Güte verliere, ist daher eine irrige und es sollten Vertragsbestimmungen, welche nur frische Waare vorschreiben, in Wegfall kommen.

III. Volumbeständigkeit. — Portland-Cement soll volumbeständig sein. Als entscheidende Probe soll gelten, dass ein auf einer Glasplatte hergestellter und vor Austrocknung geschützter Kuchen aus reinem Cement, nach 24 Stunden unter Wasser gelegt, auch nach längerer Beobachtungszeit durchaus keine Verkrümmungen oder Kantenrisse zeigen darf.

Erläuterungen zu III. — Zur Ausführung der Probe wird der zur Bestimmung der Bindezeit angefertigte Kuchen bei langsam bindendem Cement nach 24 Stunden, jedenfalls aber erst nach erfolgtem Abbinden, unter Wasser gelegt. Bei rasch bindendem Cement kann dies schon nach kürzerer Frist geschehen. Die Kuchen, namentlich von langsam bindendem Cement, müssen bis nach erfolgtem Abbinden vor Zugluft und Sonnenschein geschützt werden, am besten durch Aufbewahren in einem bedeckten Kasten oder auch unter nassen Tüchern. Es wird hierdurch die Entstehung von Schwindrissen vermieden, welche in der Regel in der Mitte des Kuchens entstehen und von Unkundigen für Treibrisse gehalten werden können.

Zeigen sich bei der Erhärtung unter Wasser Verkrümmungen oder Kantenrisse, so deutet dies unzweifelhaft „Treiben" des Cementes an, d. h. es findet in Folge einer Volumvermehrung ein Zerklüften des Cementes unter allmäliger Lockerung des zuerst gewonnenen Zusammenhanges statt, welches bis zu gänzlichem Zerfallen des Cements führen kann.

Die Erscheinungen des Treibens zeigen sich an den Kuchen in der Regel bereits nach 3 Tagen; jedenfalls genügt eine Beobachtung bis zu 28 Tagen.

IV. Feinheit der Mahlung. — Portland-Cement soll so fein gemahlen sein, dass eine Probe desselben auf einem Sieb von 900 Maschen pro Quadratcentimeter höchstens 10% Rückstand hinterlässt. Die Drahtstärke des Siebes soll die Hälfte der Maschenweite betragen.

Begründung und Erläuterungen zu IV. — Zu jeder einzelnen Siebprobe sind 100 g Cement zu verwenden.

Da Cement fast nur mit Sand, in vielen Fällen sogar mit hohem Sandzusatz verarbeitet wird, die Festigkeit eines Mörtels aber um so grösser ist, je feiner der dazu verwendete Cement gemahlen war (weil dann mehr Theile des Cementes zur Wirkung kommen), so ist die feine Mahlung des Cementes von nicht zu unterschätzendem Werthe. Es scheint daher angezeigt, die Feinheit des Korns durch ein feines Sieb von obiger Maschenweite einheitlich zu prüfen.

Es wäre indessen irrig, wollte man aus der feinen Mahlung allein auf die Güte eines Cementes schliessen, da geringe, weiche Cemente weit eher sehr fein gemahlen vorkommen, als gute, scharf gebrannte. Letztere aber werden selbst bei gröberer Mahlung doch in der Regel eine höhere Bindekraft aufweisen als die ersteren. Soll der Cement mit Kalk gemischt verarbeitet werden, so empfiehlt es sich, hart

gebrannte Cemente von einer sehr feinen Mahlung zu verwenden, deren höhere Herstellungskosten durch wesentliche Verbesserung des Mörtels ausgeglichen werden.

V. Festigkeitsproben. — Die Bindekraft von Portland-Cement soll durch Prüfung einer Mischung von Cement und Sand ermittelt werden. Die Prüfung soll auf Zug- und Druckfestigkeit nach einheitlicher Methode geschehen, und zwar mittels Probekörper von gleicher Gestalt und gleichem Querschnitt und mit gleichen Apparaten.

Daneben empfiehlt es sich, auch die Festigkeit des reinen Cementes festzustellen.

Die Zerreissungsproben sind an Probekörpern von 5 qcm Querschnitt der Bruchfläche, die Druckproben an Würfeln von 50 qcm Fläche vorzunehmen.

Begründung zu V. — Da man erfahrungsgemäss aus den mit Cement ohne Sandzusatz gewonnenen Festigkeitsergebnissen nicht einheitlich auf die Bindefähigkeit zu Sand schliessen kann, namentlich wenn es sich um Vergleichung von Portland-Cementen aus verschiedenen Fabriken handelt, so ist es geboten, die Prüfung von Portland-Cement auf Bindekraft mittels Sandzusatz vorzunehmen.

Die Prüfung des Cementes ohne Sandzusatz empfiehlt sich namentlich dann, wenn es sich um den Vergleich von Portland-Cementen mit gemischten Cementen und anderen hydraulischen Bindemitteln handelt, weil durch die Selbstfestigkeit die höhere Güte bezw. die besonderen Eigenschaften des Portland-Cementes, welche den übrigen hydraulischen Bindemitteln abgehen, besser zum Ausdruck gelangen, als durch die Probe mit Sand.

Obgleich das Verhältniss der Druckfestigkeit zur Zugfestigkeit bei den hydraulischen Bindemitteln ein verschiedenes ist, so wird doch vielfach nur die Zugfestigkeit als Werthmesser für verschiedene hydraulische Bindemittel benutzt. Dies führt jedoch zu einer unrichtigen Beurtheilung der letzteren. Da ferner die Mörtel in der Praxis in erster Linie auf Druckfestigkeit in Anspruch genommen werden, so kann die maassgebende Festigkeitsprobe nur die Druckprobe sein.

Um die erforderliche Einheitlichkeit bei den Prüfungen zu wahren, wird empfohlen, derartige Apparate und Geräthe zu benutzen, wie sie bei der Königlichen Prüfungsstation in Charlottenburg-Berlin in Gebrauch sind.

VI. Zug- und Druckfestigkeit. — Langsam bindender Portland-Cement soll bei der Probe mit 3 Gewichtstheilen Normalsand auf ein Gewichtstheil Cement nach 28 Tagen Erhärtung — 1 Tag an der Luft und 27 Tage unter Wasser — eine Minimal-Zugfestigkeit von 16 kg pro Quadratcentimeter haben. Die Druckfestigkeit soll mindestens 160 kg pro Quadratcentimeter betragen.

Bei schnell bindenden Portland-Cementen ist die Festigkeit nach 28 Tagen im Allgemeinen eine geringere, als die oben angegebene. Es soll deshalb bei Nennung von Festigkeitszahlen stets auch die Bindezeit aufgeführt werden.

Begründung und Erläuterungen. — Da verschiedene Cemente hinsichtlich ihrer Bindekraft zu Sand, worauf es bei ihrer Verwendung vorzugsweise ankommt, sich sehr verschieden verhalten können, so ist insbesondere beim Vergleich mehrerer Cemente eine Prüfung mit hohem Sandzusatz unbedingt erforderlich. Als geeignetes Verhältniss wird angenommen: 3 Gewichtstheile Sand auf 1 Gewichtstheil Cement, da mit 3 Theilen Sand der Grad der Bindefähigkeit bei verschiedenen Cementen in hinreichendem Maasse zum Ausdruck gelangt.

Cement, welcher eine höhere Zugfestigkeit bezw. Druckfestigkeit zeigt, gestattet in vielen Fällen einen grösseren Sandzusatz und hat, aus diesem Gesichtspunkte betrachtet, sowie oft schon wegen seiner grösseren Festigkeit bei gleichem Sandzusatz, Anrecht auf einen entsprechend höheren Preis.

Die maassgebende Festigkeitsprobe ist die Druckprobe nach 28 Tagen, weil in kürzerer Zeit, beim Vergleich verschiedener Cemente, die Bindekraft nicht genügend zu erkennen ist. So können z. B. die Festigkeitsergebnisse verschiedener Cemente bei der 28 Tageprobe einander gleich

sein, während sich bei einer Prüfung nach 7 Tagen noch wesentliche Unterschiede zeigen.

Als Prüfungsprobe für die abgelieferte Waare dient die Zugprobe nach 28 Tagen. Will man jedoch die Prüfung schon nach 7 Tagen vornehmen, so kann dies durch eine Vorprobe geschehen, wenn man das Verhältniss der Zugfestigkeit nach 7 Tagen zur 28 Tagefestigkeit an dem betreffenden Cement ermittelt hat. Auch kann diese Vorprobe mit reinem Cement ausgeführt werden, wenn man das Verhältniss der Festigkeit des reinen Cementes zur 28 Tagefestigkeit bei 3 Theilen Sand festgestellt hat.

Es empfiehlt sich, überall da wo dies zu ermöglichen ist, die Festigkeitsproben an, zu diesem Zwecke vorräthig angefertigten Probekörpern auf längere Zeit auszudehnen, um das Verhalten verschiedener Cemente auch bei längerer Erhärtungsdauer kennen zu lernen.

Um zu übereinstimmenden Ergebnissen zu gelangen, muss überall Sand von gleicher Korngrösse und gleicher Beschaffenheit benutzt werden. Dieser Normalsand wird dadurch gewonnen, dass man möglichst reinen Quarzsand wäscht, trocknet, durch ein Sieb von 60 Maschen pro Quadratcentimeter siebt, dadurch die gröbsten Theile ausscheidet und aus dem so erhaltenen Sand mittels eines Siebes von 120 Maschen pro Quadratcentimeter noch die feinsten Theile entfernt. Die Drahtstärke der Siebe soll 0,38 mm bezw. 0,32 mm betragen.

Da nicht alle Quarzsande bei der gleichen Behandlungsweise die gleiche Festigkeit ergeben, so hat man sich zu überzeugen, ob der zur Verfügung stehende Normalsand mit dem unter der Prüfung des Vorstandes des Deutschen Cementfabrikanten-Vereins gelieferten Normalsand, welcher auch von der Königlichen Prüfungsstation in Charlottenburg-Berlin benutzt wird, übereinstimmende Festigkeitsergebnisse giebt.

Beschreibung der Proben zur Ermittelung der Zug- und Druckfestigkeit. — Da es darauf ankommt, dass bei Prüfung desselben Cementes an verschiedenen Orten übereinstimmende Ergebnisse erzielt werden, so ist auf die genaue Einhaltung der im Nachstehenden gegebenen Regeln ganz besonders zu achten.

Zur Erzielung richtiger Durchschnittszahlen sind für jede Prüfung mindestens 10 Probekörper anzufertigen.

Anfertigung der Cement-Sand-Proben. — Zugproben. — Die Zugprobe-Körper können entweder durch Handarbeit oder durch maschinelle Vorrichtungen hergestellt werden.

a) Handarbeit. Man legt auf eine zur Anfertigung der Proben dienende Metall- oder starke Glasplatte 5 mit Wasser getränkte Blättchen Fliesspapier und setzt auf diese 5 mit Wasser angenetzte Formen. Man wiegt 250 g Cement und 750 g trockenen Normalsand ab und mischt beides in einer Schüssel gut durcheinander. Hierauf bringt man 100 ccbm = 100 g reines süsses Wasser hinzu und arbeitet die ganze Masse 5 Minuten lang tüchtig durch. Mit dem so erhaltenen Mörtel werden die Formen unter Eindrücken auf einmal so hoch angefüllt, dass sie stark gewölbt voll werden. Man schlägt nun mittels eines eisernen Spatels von 5 auf 8 cm Fläche, 35 cm Länge und im Gewicht von ca. 250 g den überstehenden Mörtel Anfangs schwach und von der Seite her, dann immer stärker, so lange in die Formen ein, bis derselbe elastisch wird und an seiner Oberfläche sich Wasser zeigt. Ein bis zu diesem Zeitpunkt fortgesetztes Einschlagen von etwa 1 Minute pro Form ist unbedingt erforderlich. Ein nachträgliches Aufbringen und Einschlagen von Mörtel ist nicht statthaft, weil die Probekörper aus demselben Cement an verschiedenen Versuchsstellen gleiche Dichten erhalten sollen. — Man streicht nun das die Form Ueberragende mit einem Messer ab und glättet mit demselben die Oberfläche. Man löst die Form vorsichtig ab und setzt die Probekörper in einen mit Zink ausgeschlagenen Kasten, der mit einem Deckel zu bedecken ist, um ungleichmässiges Austrocknen der Proben bei verschiedenen Wärmegraden zu verhindern. 24 Stunden nach der Anfertigung werden die Probekörper unter Wasser gebracht und man hat nur darauf zu achten, dass dieselben während der ganzen Erhärtungsdauer vom Wasser bedeckt bleiben.

b) Maschinenmässige Anfertigung. Nachdem die mit dem Füllkasten versehene Form auf der Unterlagsplatte durch die beiden Stellschrauben festgeschraubt ist, werden für jede Probe 180 g des wie in a) hergestellten Mörtels in die Form gebracht und wird der eiserne

Formkern eingesetzt. Man giebt nun mittels des Schlagapparates von Dr. Böhme mit dem Hammer von 2 kg 150 Schläge auf den Kern.

Nach Entfernung des Füllkastens und des Kerns wird der Probekörper abgestrichen und geglättet, sammt der Form von der Unterlagsplatte abgezogen und im Uebrigen behandelt wie unter a).

Bei genauer Einhaltung der angegebenen Vorschriften geben Handarbeit und maschinenmässige Anfertigung gut übereinstimmende Ergebnisse. In streitigen Fällen ist jedoch die maschinenmässige Anfertigung die maassgebende.

Druckproben. — Um bei Druckproben an verschiedenen Versuchsstellen zu übereinstimmenden Ergebnissen zu gelangen, ist maschinenmässige Anfertigung erforderlich.

Man wiegt 400 g Cement und 1200 g trockenen Normalsand ab, mischt beides in einer Schüssel gut durcheinander, bringt 160 cbcm = 160 g Wasser hinzu und arbeitet den Mörtel 5 Minuten lang tüchtig durch. Von diesem Mörtel füllt man 860 g in die mit Füllkasten versehene und auf die Unterlagsplatte aufgeschraubte Würfelform. Man setzt den eisernen Kern in die Form ein und gibt auf denselben mittels des Schlagapparates von Dr. Böhme mit dem Hammer von 2 kg 150 Schläge.

Nach Entfernung des Füllkastens und des Kerns wird der Probekörper abgestrichen und geglättet, mit der Form von der Unterlagsplatte abgezogen und im Uebrigen behandelt wie unter a).

Anfertigung der Proben aus reinem Cement. — Man ölt die Formen auf der Innenseite etwas ein und setzt dieselben auf eine Metall- oder Glasplatte (ohne Fliesspapier unterzulegen). Man wiegt nun 1000 g Cement ab, bringt 200 g = 200 cbcm Wasser hinzu und arbeitet die Masse (am besten mit einem Pistill) 5 Minuten lang durch, füllt die Formen stark gewölbt voll und verfährt wie unter a). Die Formen kann man jedoch erst dann ablösen, wenn der Cement genügend erhärtet ist.

Da beim Einschlagen des reinen Cements Probekörper von gleicher Festigkeit erzielt werden sollen, so ist bei sehr feinem oder bei rasch bindendem Cement der Wasserzusatz entsprechend zu erhöhen.

Der angewandte Wasserzusatz ist bei Nennung der Festigkeitszahlen stets anzugeben.

Behandlung der Proben bei der Prüfung. — Alle Proben werden sofort bei der Entnahme aus dem Wasser geprüft. Da die Zerreissungsdauer von Einfluss auf das Resultat ist, so soll bei der Prüfung auf Zug die Zunahme der Belastung während des Zerreissens 100 g pro Secunde betragen. Das Mittel aus den 10 Zugproben soll als die maassgebende Zugfestigkeit gelten.

Bei der Prüfung der Druckproben soll, um einheitliche Ergebnisse zu machen, der Druck stets auf 2 Seitenflächen der Würfel ausgeübt werden, nicht aber auf die Bodenfläche und die bearbeitete obere Fläche. Das Mittel aus den 10 Proben soll als die maassgebende Druckfestigkeit gelten.

II. Auszug aus der Bahnordnung für die Neben-Eisenbahnen Deutschlands.

(Vom 5. Juli 1892 mit Abänderungen vom 24. März 1897.)

I. Zustand der Bahn.

§ 1. Spurweite. Für Vollspurbahnen soll die Spurweite 1,435 m, für Schmalspurbahnen 1,000 m oder 0,750 m betragen; Ausnahmen sind zulässig mit Genehm. der Landes-Aufsichtsbehörde unter Zustimmung des R.-E.-Amtes.

§ 2. Längsneigung. Die Längsneigung soll auf freier Strecke 1 : 25 in der Regel nicht überschreiten. Für stärkere Neigungen ist die Genehm. der Landes-Aufsichtsbehörde unter Zustimmung des R.-E.-Amts erforderlich.

§ 3. Krümmungen. Der Halbmesser der Krümmungen auf freier Strecke bei Vollspurbahnen nicht kleiner als 100 m.

§ 4. Spurerweiterung. In Krümmungen darf die Spurerweiterung bei Vollspurbahnen 35 mm nicht überschreiten.

§ 5. Fahrbarer Zustand der Bahn. Die Bahn ist fortwährend in einem solchen baulichen Zustande zu halten, dass sie, soweit sie sich nicht in Ausbesserung befindet, mit der festgesetzten grössten Geschwindigkeit befahren werden kann. Bahnstrecken, auf welchen zeitweise die Fahrgeschwindigkeit ermässigt werden muss, sind durch Signale zu kennzeichnen und unfahrbare Strecken, auch wenn kein Zug erwartet wird, durch Signale abzuschliessen.

§ 6. Umgrenzung des lichten Raumes. Sämmtliche Gleise mit voller Spurweite, auf denen Züge bewegt werden, sind von baulichen Anlagen und lagernden Gegenständen mindestens bis zur Umgrenzung des lichten Raumes für Haupteisenbahnen frei zu halten. Dabei ist in Krümmungen auf die Spurerweiterung und die Ueberhöhung der äusseren Schiene Rücksicht zu nehmen. Abweichungen von dieser Umgrenzung, welche bisher bestanden haben, können mit Zustimmung des R.-E.-Amts beibehalten werden. Inwieweit bei Ladegleisen der Vollspurbahnen Einschränkungen dieser Umgrenzung zulässig sind, bestimmt die Aufsichtsbehörde. Bei Neubauten ist die Umgrenzung des von baulichen Anlagen frei zu haltenden lichten Raumes in dem unteren Theile bis zu den schrägen Umrisslinien auszudehnen. Bei vollspurigen Gleisen müssen die bis zu 50 mm über S.-O. hervortretenden unbeweglichen Gegenstände ausserhalb des Gleises im Allgemeinen mindestens 150 mm von der Innenkante des Schienenkopfes entfernt bleiben; bei unveränderlichem Abstande derselben vor der Fahrschiene darf dies Maass auf 135 mm eingeschränkt werden. Innerhalb des Gleises muss ihr Abstand von der Innenkante des Schienenkopfes mindestens 67 mm betragen, jedoch kann dieser Abstand bei Zwangsschienen nach dem mittleren Theile hin allmälig bis auf 41 mm eingeschränkt werden. In gekrümmten Strecken mit Spurerweiterung muss der Abstand der innerhalb des Gleises hervortretenden unbeweglichen Gegenstände von der Innenkante des Schienenkopfes um den Betrag der Spurerweiterung grösser sein, als die vorgenannten Maasse. Für Schmalspurbahnen bleibt die Festsetzung der Umgrenzung des lichten Raumes der Landes-Aufsichtsbehörde vorbehalten.

§ 7. Einfriedigungen der Bahn. Ob und an welchen Stellen Schutzwehren oder andere Sicherheitsvorrichtungen an Wegen erforderlich sind, welche unmittelbar neben einer mit Lokom. befahrenen Bahn herlaufen oder über die letztere führen, bestimmt die Aufsichtsbehörde. In angemessener Entfernung der verkehrsreichen Wegeübergängen in Schienenhöhe müssen Warnungstafeln aufgestellt sein. Werden zur Absperrung von Wegeübergängen Drahtzugschranken angewendet, so müssen dieselben auch mit der Hand geöffnet und geschlossen werden können. Jeder durch Zugschranken abzuschliessende Uebergang muss mit einer Glocke zum Vorläuten versehen sein.

§ 8. Abtheilungszeichen, Neigungszeiger, Merkzeichen. Die Bahn muss mit Abtheilungszeichen versehen sein, welche Entfernungen von ganzen Kilometern angeben. Neigungszeiger müssen neben den stärker als 1 : 150 geneigten Strecken angebracht sein, sofern

sich letztere auf eine grössere Länge als 500 m ausdehnen. Vor den unbewachten Wegeübergängen soll auf der zur Fahrtrichtung rechts gelegenen Seite der Bahn ein Kennzeichen vorhanden sein, welches dem Lokomotivführer die Annäherung an einen derartigen Uebergang anzeigt. Abweichungen bestimmt die Aufsichtsbehörde. Zwischen zusammenlaufenden Schienensträngen muss ein Merkzeichen angebracht sein, welches die Stelle angiebt, über die hinaus auf dem einen Gleise Fahrzeuge mit keinem ihrer Theile vorgeschoben werden dürfen, ohne dass der Durchgang von Fahrzeugen auf dem anderen Gleise gehindert wird.

II. Zustand, Unterhaltung und Untersuchung der Betriebsmittel.

§ 9. Zustand der Betriebsmittel. Die Betriebsmittel müssen fortwährend in einem solchen Zustande sein, dass die Fahrten mit der grössten zulässigen Geschwindigkeit stattfinden können.

10. Einrichtung von Lokomotiven. Für jede Lokomotive ist nach Massgabe ihrer Bauart eine Fahrgeschwindigkeit vorzuschreiben, welche niemals überschritten werden darf. Diese Geschwindigkeit muss an der Lokomotive angezeichnet sein. An jedem Lokomotivkessel muss sich eine Einrichtung zum Anschlusse eines Prüfungsmanometers befinden, durch welches die Sicherheitsventile, Federwaagen und Manometer geprüft werden können. Jede Lokomotive muss versehen sein: a) mit mind. zwei voneinander unabhängigen Vorrichtungen zur Speisung des Kessels, von denen jede während der Fahrt das erforderliche Wasser zuzuführen vermag. Eine dieser Vorrichtungen muss geeignet sein, auch beim Stillstande der Lokomotive dem Kessel Wasser zuzuführen; b) mit mind. zwei von einander unabhängigen Vorrichtungen zur Erkennung der Wasserstandshöhe im Kessel. Bei einer dieser Vorrichtungen muss die Höhe des Wasserstandes vom Stande des Führers fortwährend erkennbar und eine in die Augen fallende Marke des niedrigsten zulässigen Wasserstandes angebracht sein; c) mit wenigstens zwei Sicherheitsventilen, von welchen das eine so eingerichtet sein soll, dass die Belastung desselben nicht über das bestimmte Maass gesteigert werden kann. Die Sicherheitsventile sind so einzurichten, dass sie vom gespannten Dampfe nicht weggeschleudert werden können, wenn eine unbeabsichtigte Entlastung derselben eintritt. Die Einrichtung der Sicherheitsventile muss denselben eine senkrechte Bewegung von 3 mm gestatten; d) mit einer Vorrichtung, welche den Druck des Dampfes zuverlässig und fortwährend erkennen lässt. Auf den Zifferblättern der Manometer muss der höchste zuverlässige Dampfüberdruck durch eine in die Augen fallende Marke bezeichnet sein; e) mit einer Dampfpfeife.

§ 11. Abnahmeprüfung und wiederkehrende Untersuchungen der Lokomotiven und Tender. Neue oder mit neuen Kesseln versehene Lokomotiven dürfen erst in Betrieb gesetzt werden, nachdem sie bei einer technisch-polizeilichen Abnahmeprüfung sicher befunden sind. Der hierbei als zulässig erkannte höchste Dampfüberdruck, sowie der Name des Fabrikanten der Lokomotive und des Kessels, die Fabriknummer und das Jahr der Anfertigung müssen an der Lokomotive bezeichnet sein. Nach jeder umfangreicheren Ausbesserung des Kessels, im Uebrigen in Zeitabschnitten von höchstens drei Jahren, sind die Lokomotiven nebst den zugehörigen Tendern in allen Theilen einer gründlichen Untersuchung zu unterwerfen, mit welcher eine Kesseldruckprobe zu verbinden ist. Diese Zeitabschnitte sind vom Tage der Inbetriebsetzung nach beendeter Untersuchung bis zum Tage der Ausserbetriebsetzung zum Zweck der nächsten Untersuchung zu bemessen. Bei den Druckproben ist der Kessel vom Mantel zu entblössen, mit Wasser zu füllen und mittelst einer Druckpumpe zu prüfen. Der Probedruck soll den höchsten zulässigen Dampfüberdruck um fünf Atmosphären übersteigen. Bei Lokomotiven, für welche ein geringerer Probedruck bis zum Inkrafttreten dieser Bestimmungen als zulässig erachtet worden ist, kann es mit Genehmigung der Aufsichtsbehörde hierbei verbleiben. Kessel, welche bei dieser Probe ihre Form bleibend ändern, dürfen in diesem Zustande nicht wieder in Dienst genommen werden. Bei jeder Kesselprobe ist gleichzeitig die Richtigkeit der Manometer und Ventilbelastungen der Lokomotiven zu prüfen. Der angewendete Probedruck ist mittelst eines Prüfungsmanometers zu

Digitized by Google

messen, welches in angemessenen Zeitabschnitten auf seine Richtigkeit untersucht werden muss. Längstens acht Jahre nach Inbetriebsetzung eines Lokomotivkessels muss eine innere Untersuchung desselben vorgenommen werden, bei welcher die Siederohre zu entfernen sind. Nach spätestens je sechs Jahren ist diese Untersuchung zu wiederholen. Ueber die Ergebnisse der Proben und Untersuchungen ist Buch zu führen.

§ 12. Läutevorrichtungen der Lokomotiven. Sofern unbewachte Wegeübergänge vorkommen, sind die Lokomotiven mit einer Vorrichtung zum Läuten auszurüsten.

§ 13. Bahnräumer, Aschkasten, Funkenfänger. An der Stirnseite der Lokomotiven und an der Rückseite der Tender und Tenderlokomotiven müssen Bahnräumer angebracht sein. Jede Lokomotive muss mit einem verschliessbaren Aschkasten und mit Vorrichtungen versehen sein, welche den Auswurf glühender Kohlen aus dem Aschkasten und dem Schornstein zu verhüten bestimmt sind.

§ 14. Bremsen der Lokomotiven und Tender. Tenderlokomotiven und Tender müssen mit einer Handbremse versehen sein.

§ 15. Federn, Zug- und Stossvorrichtungen. Sämmtliche Wagen, mit Ausnahme der nur in Arbeitszügen laufenden, müssen mit Tragfedern, sowie an beiden Stirnseiten mit federnden Zug- und Stossvorrichtungen versehen sein.

§ 16. Spurkränze. Sämmtliche Räder müssen Spurkränze haben

§ 17. Stärke der Radreifen Auf Vollspurbahnen muss bei Lokomotiven und Tendern die Stärke der Radreifen mindestens 20 mm betragen, bei Wagen können die Radreifen bis auf 16 mm abgenutzt werden. Die Stärke der Reifen ist in der senkrechten Ebene des Laufkreises zu messen, welche 750 mm von der Mitte der Achse entfernt anzunehmen ist. Bei Rädern, deren Reifen durch eine Befestigungsnuth unter der der Abnutzung unterworfenen Fläche geschwächt sind, müssen noch an der schwächsten Stelle die bezeichneten Maasse inngehalten werden. Auf Schmalspurbahnen muss die Stärke der Radreifen der Lokomotiven und Tender mind. 12 mm, die der Wagen mind. 10 mm betragen.

§ 18. Untersuchung der Wagen. Neue Wagen dürfen erst in Gebrauch genommen werden, nachdem sie als sicher befunden sind. Jeder Wagen ist von Zeit zu Zeit einer gründlichen Untersuchung zu unterwerfen, bei welcher die Achsen, Lager und Federn abgenommen werden müssen. Diese Untersuchung hat spätestens drei Jahre nach der ersten Ingebrauchnahme oder nach der letzten Untersuchung zu erfolgen.

§ 19. Bezeichnung der Wagen. Jeder Wagen muss Bezeichnungen haben, aus welchen zu ersehen ist: die Eisenbahn, zu welcher er gehört; die Ordnungsnummer; das eigene Gewicht einschl. der Achsen und Räder und ausschliesslich der losen Ausrüstungsgegenstände; bei Güter- und Gepäckwagen das Ladegewicht und die Tragfähigkeit; der Zeitpunkt der letzten Untersuchung; der Radstand; das etwaige Vorhandensein von Lenkachsen und die Verschiebbarkeit der Mittelachse; bei Wagen, deren Achslager für periodische Schmierung eingerichtet sind, der Zeitpunkt der letzten Schmierung. Die drei letzten Bezeichnungen können bei Schmalspurbahnen fortfallen.

§ 20. Uebergang der Betriebsmittel auf Hauptbahnen. Betriebsmittel, welche auf Hauptbahnen übergehen, müssen den für diese Bahnen erlassenen Vorschriften entsprechen, sofern dieselben in Züge der Hauptbahnen eingestellt werden.

III. Einrichtungen und Massregeln für die Handhabung des Betriebes.

§ 21. Bewachung der Bahn. Die Bahnstrecke muss mind. einmal an jedem Tage untersucht werden, sofern die zulässige Geschwindigkeit mehr als 20 km in der Stunde beträgt. An Stellen, deren Befahrung besondere Vorsicht erfordert, insbesondere auch bei verkehrsreichen Wegeübergängen, ist bei Anwendung einer Geschwindigkeit von mehr als 15 km in der Stunde eine Bewachung der Bahn erforderlich. Der Schrankendienst kann auch weiblichen Personen anvertraut werden.

Bei Annäherung eines Zuges oder einer einzeln fahrenden Lokom. an einen unbewachten Wegeübergang hat der Lokomotivführer von der nach § 8 gekennzeichneten Stelle an bis nach Erreichung des Ueberganges die Läutervorrichtung in Thätigkeit zu halten. Ausserdem ist die Läutevorrichtung in Thätigkeit zu setzen, wenn Menschen oder Fuhrwerke auf der Bahn oder in gefahrdrohender Nähe derselben bemerkt werden. Beim Schieben der Züge liegt die Verpflichtung zum Läuten dem wachthabenden Beamten oder Arbeiter auf dem vordersten Wagen des Zuges ob.

§ 22. Rechtsfahren der Züge. Auf doppelgleisigen Strecken sollen die Züge in der Regel das in ihrer Fahrtrichtung rechts liegende Gleis befahren.

§ 23. Stärke der Züge. Mehr als 120 Wagenachsen sollen in keinem Zuge befördert werden.

§ 24. Zahl der Bremsen eines Zuges. In jedem Zuge müssen ausser den Bremsen am Tender und an der Lokom. so viele Bremsen bedient sein, dass durch die letzteren mind. der aus nachstehendem Verzeichnisse zu berechnende Theil der im Zuge befindlichen Wagenachsen gebremst werden kann

Auf Neigungen		Bei einer Fahrgeschwindigkeit von			
		15	20	30	40
von ..... ‰	vom Verhältniss.	km (Stunde) müssen von je 100 Wagenachsen zu bremsen sein			
0,5	1 : ∞	6	6	6	10
2,5	1 : 400	6	9	6	14
5,0	1 : 200	6	7	12	18
7,5	1 : 133	8	10	15	21
10,0	1 : 100	10	13	18	25
12,5	1 : 80	13	15	21	29
15,0	1 : 66	15	18	24	32
17,5	1 : 57	18	21	27	36
20,0	1 : 50	20	23	31	39
22,5	1 : 44	22	26	34	43
25,0	1 : 40	25	29	37	47
30,0	1 : 33	30	34	43	54
35,0	I : 28	34	39	49	62
40,0	1 : 25	39	45	56	70

Bei der Berechnung der Zahl der zu bremsenden Wagenachsen ist Folgendes zu beachten: Für Fahrgeschwindigkeiten und Neigungen, welche zwischen den in dem Verzeichnisse aufgeführten liegen, gilt jedesmal die grösste Bremszahl. Die Anzahl der zu bremsenden Wagenachsen ist für die stärkste Bahnneigung, welche sich ununterbrochen auf eine Länge von 1000 m oder darüber erstreckt, zu bestimmen. Erreicht die stärkste vorkommende Neigung an keiner Stelle die Länge von 1000 m, so ist die gerade Verbindungslinie zwischen denjenigen zwei Punkten des Längenschnitts, welche bei 1000 m Entfernung den grössten Höhenunterschied zeigen, als stärkstgeneigte Strecke anzusehen. Als massgebende Fahrgeschwindigkeit ist diejenige anzunehmen, welche der Zug auf der betreffenden Strecke höchstens erreichen darf. Eine unbeladene Güterwagenachse ist als halbe Achse zu rechnen. Die Achsen von Personen-, Post- und Gepäckwagen sind stets voll in Ansatz zu bringen. Der bei der Berechnung der Anzahl der zu bremsenden Wagenachsen sich ergebende überschiessende Bruchtheil ist stets als Ganzes zu rechnen. Für Bahnstrecken, welche stärkere Neigungen als 1:25 haben, sind für das Bremsen der Züge von der Landes-Aufsichtsbehörde besondere Vorschriften zu erlassen. Für Züge und Wagen, welche auf längeren Strecken ausschliesslich durch die Schwerkraft oder mit Hülfe stehender Maschinen sich bewegen, werden die erforderlichen Sicherheitsvorschriften von der Landes-Aufsichtsbehörde erlassen. Das Gleiche gilt auch für Bahnen von aussergewöhnlicher Bauart. Den Stationsvorstehern sowie den Lokomotiv- und Zugführern ist bekannt zu geben, der wievielte Theil der Wagenachsen auf jeder Strecke bei den vorgeschriebenen Fahrgeschwindigkeiten muss gebremst werden können.

§ 25. Bildung der Züge. Es ist darauf zu achten, dass die Wagen gehörig zusammengekuppelt sind, die Belastung in den einzelnen Wagen thunlichst gleichmässig vertheilt ist, die nöthigen Signalvorrichtungen angebracht und die erforderlichen Bremsen bedient und thunlichst gleichmässig im Zuge vertheilt sind.

§ 26. Erleuchtung der Wagen. Das Innere der Personen-Wagen ist während der Fahrt bei Dunkelheit und in Tunneln, zu deren Durchfahrung mehr als zwei Minuten gebraucht werden, zu erleuchten.

§ 27. Grösste zulässige Fahrgeschwindigkeit. Die grösste zulässige Fahrgeschwindigkeit für Züge und einzeln fahrende Lokom. wird durch die Landes-Aufsichtsbehörde festgestellt. Grössere Geschwindigkeiten als 30 km in der Stunde bis zu der grössten zulässigen Geschwindigkeit von 40 km in der Stunde dürfen nur gestattet werden auf vollspurigen Bahnstrecken mit eigenem Bahnkörper und nur für Personenzüge, welche nicht mehr als 26 Wagenachsen führen und mit durchgehender Bremse versehen sind. Die Betriebsmittel, welche in diese schnellerfahrenden Züge eingestellt werden, müssen den Normen für den Bau und die Ausrüstung der Hanpteisenbahnen Deutschlands entsprechen. Am Schlusse eines solchen mit durchgehender Bremse versehenen Zuges dürfen innerhalb der vorbezeichneten Zugstärke einzelne Wagen ohne durchgehende Bremse bis zu höchstens 12 Achsen angehängt werden; in diesem Falle muss auf Neigungen von mehr als 1:200 in einer ununterbrochenen Länge von 1000 m oder darüber der letzte Wagen eine bediente Bremse haben. Wird bei einem Zuge mit durchgehender Bremse letztere unterwegs ungangbar, so darf die Fahrt ohne Verminderung der sonst dafür zugelassenen Geschwindigkeit fortgesetzt werden, sofern die Bedienung der nach § 24 erforderlichen Anzahl von Bremsen mit der Hand bewirkt wird.

§ 28. Langsamfahren. Wenn ein Signal zum Langsamfahren gegeben ist oder ein Hinderniss auf der Bahn bemerkt wird, muss die Fahrgeschwindigkeit ermässigt werden. Auf Strecken, in welchen eine Drehbrücke liegt oder welche aus einem sonstigen Grunde stets mit besonderer Vorsicht befahren werden müssen, ist die grösste zulässige Geschwindigkeit für die einzelnen Zuggattungen besonders festzusetzen.

§ 29. Abfahrt der Züge. Kein Zug darf eine Station verlassen, bevor die Abfahrt von dem zuständigen Beamten gestattet ist. Bei einer Fahrgeschwindigkeit von mehr als 15 km darf ein Zug einem anderen in derselben Richtung abgelassenen Zuge nur in Stationsabstand folgen.

§ 30. Sonderzüge. Sonderzüge und einzeln fahrende Lokomotiven, welche den betheiligten Stationen, sowie dem Bahnbewachungspersonal nicht vorher angekündigt sind, dürfen mit keiner grösseren Geschwindigkeit als 15 km befördert werden. Die Sonderzüge der Allerhöchsten und Höchsten Herrschaften haben behufs pünktlicher Beförderung überall den Vorrang vor den anderen Zügen.

§ 31. Schieben der Züge. Das Schieben der Zügen, an deren Spitze sich eine führende Lokomotive nicht befindet, ist nur dann zulässig, wenn die Stärke derselben nicht mehr als 50 Wagenachsen beträgt und die Geschwindigkeit 15 km in der Stunde nicht übersteigt. Der vorderste Wagen muss alsdann mit einem wachthabenden Beamten oder verpflichteten Arbeiter besetzt sein, welcher eine weithin tönende Glocke bei sich zu führen hat.

§ 32. Begleitpersonal. Das Begleitpersonal darf während der Fahrt nur einem Beamten untergeordnet sein. Derselbe hat einen Fahrbericht zu führen, in welchem die Abgangs- und Ankunftszeiten auf den einzelnen Anhaltepunkten und aussergewöhnliche Vorkommnisse genau zu verzeichnen sind.

§ 33. Stillstehende Lokomotiven und Wagen. Bei angeheizten Lokomotiven muss, solange sie still stehen, der Regulator geschlossen, die Steuerung in Ruhe gesetzt und die Bremse angezogen sein. Die Lokom. muss dabei stets unter Aufsicht stehen. Die ohne Aufsicht, wie die über Nacht auf den Gleisen verbleibenden Wagen sind durch geeignete Vorrichtungen festzustellen.

§ 34. Mitfahren auf der Lokomotive. Ohne Erlaubniss der zuständigen Beamten darf ausser den durch ihren Dienst dazu berechtigten Personen niemand auf der Lokomotive mitfahren.

§ 35. Gebrauch der Dampfpfeife. Der Gebrauch der Dampfpfeife, sowie das Oeffnen der Cylinderhähne ist auf die nothwendigsten Fälle zu beschränken. In der Nähe einer öffentlichen Strasse soll unter möglichster Vermeidung der Dampfpfeife vorzugsweise die Läutevorrichtung zur Anwendung kommen.

§ 36. Führung der Lokomotive. Die Führung der Lokomotiven darf nur solchen Personen übertragen werden, welche mindestens 21 Jahre alt und unbescholtenen Rufes sind und ihre Befähigung als Lokomotivführer unter Beachtung der vom Bundesrath darüber erlassenen Vorschriften nachgewiesen haben. Heizer müssen die Lokomotiven still- oder zurückstellen können.

IV. Signalwesen.

§ 37. Streckensignale. Auf der Bahn müssen die Signale gegeben werden können: der Zug soll langsam fahren und der Zug soll halten. Bewegliche Brücken, mit Ausschluss derjenigen, welche nur ausnahmsweise bei vorübergehender Ausserbetriebsetzung der betreffenden Gleise geöffnet werden, sind nach beiden Richtungen durch Signale abzuschliessen, welche mit der Brücke dergestalt in gegenseitiger Abhängigkeit stehen, dass das Fahrsignal nur bei genauer Feststellung der Brücke erscheinen kann.

§ 38. Weichensignale. Die Stellung der Einfahrtsweichen muss durch Signale kenntlich sein, wenn nicht die Weichen durch einen sicheren Verschluss unverrückbar festgellt sind.

§ 39. Zugsignale. Jeder Zug muss mit Signalen versehen sein, welche bei Tage den Schluss, bei Dunkelheit aber die Spitze und den Schluss desselben erkennen lassen; Gleiches gilt für einzeln fahrende Lokomotiven.

§ 40. Signale des Lokomotivpersonals. Das Lokomotivpersonal muss die Signale geben können: Achtung, Bremsen anziehen und Bremsen loslassen.

§ 41. Elektrische Verbindungen. Die Bahnhöfe und Haltestellen müssen zur Verständigung unter einander mit elektrischen Schreibtelegraphen oder Fernsprechern ausgerüstet sein. Ausnahmen sind mit Genehmigung der Aufsichtsbehörde zulässig.

§ 42. Signalordnung. Im Uebrigen bleibt die Einrichtung des Signalwesens von der Eigenart des Betriebes auf der betreffenden Bahn abhängig. Signale müssen gemäss den Vorschriften in der Signalordnung für die Eisenbahnen Deutschlands gehandhabt werden.

V. Bestimmungen für das Publikum.

§ 43. Allgemeine Bestimmungen. Die Eisenbahnreisenden müssen den allgemeinen Anordnungen nachkommen, welche von der Bahnverwaltung behufs Aufrechthaltung der Ordnung innerhalb des Bahngebiets und bei der Beförderung von Personenund Sachen getroffen werden, und haben den dienstlichen Anordnungen der Bahnpolizeibeamten Folge zu leisten.

§ 44. Betreten der Bahnanlagen und der Stationen. Bahnbeschädigungen und Betriebsstörungen sowie Verhalten der Reisenden beim Ein- und Aussteigen und während der Fahrt. Das Betreten der Bahn, soweit sie nicht zugleich als Weg dient, sowie das Betreten der zur Bahn gehörigen Böschungen, Dämme, Gräben, Brücken und sonstigen Anlagen ist ohne Erlaubnisskarte nur den Aufsichtsbehörden und deren Vertretern, den in der Ausübung ihres Dienstes befindlichen Beamten der Staatsanwaltschaft, des Forstschutzes und der Polizei, den in Wahrnehmung des Zoll-, Steuer- und Telegraphendienstes innerhalb des Bahngebiets begriffenen Beamten, sowie den zu Besichtigungen dienstlich entsandten deutschen Offizieren, ferner innerhalb des Bereichs von Festungen bis zur äussersten Grenze der Tragweite der Geschütze den Offizieren und in Uniform befindlichen Beamten der deutschen Festungsbehörden gestattet. Die bezeichneten Personen haben, sofern sie nicht durch ihre Uniform kenntlich sind, sich durch eine Bescheinigung ihrer vorgesetzten Dienstbehörde auf Erfordern auszuweisen. Das Publikum darf die Bahn, soweit sie nicht zugleich als Weg dient, nur an den zu Uebergängen bestimmten Stellen betreten, und zwar nur so lange, als dieselben nicht abgesperrt sind oder sich kein Zug nähert. In allen Fällen ist unnöthiger Verzug zu vermeiden. Für das Betreten der Bahn-Anlagen, soweit dieselben nicht zugleich als Weg dienen, durch Vieh, bleibt derjenige verantwortlich, welchem die Aufsicht über dasselbe obliegt. Sobald sich ein Zug nähert, müssen Fuhrwerke u. s. w. in angemessener Entfernung von der Bahn und zwar, sofern Warnungstafeln vorhanden

sind, an diesen halten, beziehungsweise die Bahn schnell räumen. Es ist untersagt, die Schranken oder Einfriedigungen zu öffnen oder zu übersteigen, oder etwas darauf zu legen oder zu hängen. Es ist verboten, die Bahnanlagen, die Telegraphen und die Betriebsmittel zu beschädigen, feste Gegenstände auf die Fahrbahn zu legen oder sonstige Fahrthindernisse anzubringen, Weichen umzustellen, falschen Alarm zu erregen, Signale nachzuahmen oder andere betriebsstörende Handlungen vorzunehmen. Solange ein Zug sich in Bewegung befindet, ist das Ein- und Aussteigen, sowie das Oeffnen der an den Langseiten der Wagen befindlichen Thüren verboten. Es ist untersagt, Gegenstände, durch welche Personen oder Sachen beschädigt werden können, während der Fahrt aus dem Wagen zu werfen.

§ 45. Bestrafung von Uebertretungen. Wer den Bestimmungen der §§ 43 und 44 und den nachfolgenden Bestimmungen der Verkehrsordnung für die Eisenbahnen Deutschlands zuwiderhandelt, welche also lauten: «Feuergefährliche, sowie andere Gegenstände, die auf irgend eine Weise Schaden verursachen können, insbesondere geladene Gewehre, Schiesspulver, leicht entzündliche Stoffe und dergleichen, sind von der Mitnahme ausgeschlossen. Die Eisenbahnbediensteten sind berechtigt, sich von der Beschaffenheit der mitgenommenen Gegenstände zu überzeugen. Jägern und im öffentlichen Dienste stehenden Personen ist die Mitführung von Handmunition gestattet;» wird mit Geldstrafe bis zu einhundert Mark bestraft, sofern nicht nach den allgemeinen Strafbestimmungen eine härtere Strafe verwirkt ist.

§ 46. Aushang von Vorschriften. Beschwerdebuch. Ein Abdruck der §§ 43 bis 46 dieser Vorschriften ist in jedem Warteraum auszuhängen. Bei jedem Stationsvorstande ist ein dem Publikum zugängliches Beschwerdebuch aufzulegen.

VI. Bahnpolizeibeamte.

§ 47. Bezeichnung und Befugnisse der Bahnpolizeibeamten. Zur Ausübung der Bahnpolizei sind zunächst berufen diejenigen Personen, welche mit den Verrichtungen betraut sind der: Betriebsdirektoren und Oberingenieure, Betriebsinspektoren und Bauinspektoren, Baumeister und Ingenieure, Bahnkontroleure und Betriebskontroleure, Stationsvorsteher, Stationsaufseher und Stationsassistenten, Rangirmeister, Bahnmeister, Haltestellenaufseher und Weichensteller, Haltepunktwärter und Bahnwärter, Zugführer, Packmeister, Schaffner, Wagenwärter und Bremser, Stationsdiener, Nachtwächter. Die Bahnpolizeibeamten müssen bei Ausübung ihres Dienstes die vorgeschriebene Dienstuniform oder das festgestellte Dienstabzeichen tragen oder mit einem sonstigen Ausweis über ihre amtliche Eigenschaft versehen sein. Die Bahnpolizeibeamten sind befugt, einen Jeden vorläufig festzunehmen, der auf der Uebertretung der im § 45 gedachten Bestimmungen betroffen oder unmittelbar nach der Uebertretung verfolgt wird und sich über seine Person nicht auszuweisen vermag. Derselbe ist mit der Festnahme zu verschonen, wenn er eine angemessene Sicherheit bestellt. Die Sicherheit darf den Höchstbetrag der angedrohten Strafe nicht übersteigen. Enthält die strafbare Handlung ein Verbrechen oder Vergehen, so kann sich der Schuldige durch eine Sicherheitsbestellung der vorläufigen Festnahme nicht entziehen. Der Festgenommene ist unverzüglich, sofern er nicht wieder in Freiheit gesetzt wird, dem Amtsrichter oder der Polizeibehörde desjenigen Bezirks, in welchem die Festnahme erfolgt, vorzuführen. Erfolgt die Ablieferung des Festgenommenen nicht durch Bahnpolizeibeamte, so hat der die Ablieferung anordnende Beamte eine mit seinem Namen und seiner Dienststellung bezeichnete Festnehmungskarte mitzugeben, auf welcher der Grund der Festnahme anzugeben ist.

§ 48. Dienstanweisung. Allen im § 47 genannten Bahnpolizeibeamten sind von der Eisenbahnverwaltung über ihre Dienstverrichtungen und ihr gegenseitiges Dienstverhältniss schriftliche oder gedruckte Anweisungen zu ertheilen.

§ 49. Befähigung. Alle zur Ausübung der Bahnpolizei berufenen Beamten müssen mindestens 21 Jahre alt und unbescholtenen Rufes sein, lesen und schreiben können und die sonst zu ihrem besonderen Dienste erforderlichen Eigenschaften besitzen. Diese müssen bezüglich der 11 letzten der im § 47 aufgeführten Beamten den vom Bundesrath erlassenen Bestimmungen über die Befähigung von Eisenbahnbetriebs-

beamten entsprechen. Die Bahnpolizeibeamten werden vereidigt. Sie treten alsdann in Beziehung auf die ihnen übertragenen Dienstverrichtungen dem Publikum gegenüber in die Rechte der öffentlichen Polizeibeamten. Auf die Offiziere und Mannschaften der militärischen Formationen für Eisenbahnzwecke finden obige Vorschriften über das Alter und die Vereidigung keine Anwendung.

§ 50. Verhalten der Bahnpolizeibeamten. Personalakten. Diejenigen Bahnpolizeibeamten, welche sich als zur Ausübung ihres Dienstes ungeeignet zeigen, müssen sofort von der Wahrnehmung polizeilicher Verrichtungen entfernt werden. Die Bahnverwaltung ist verbunden, über jeden Bahnpolizeibeamten Personalakten anzulegen und fortzuführen.

§ 51. Bezirk der Amtsthätigkeit. Die Amtsthätigkeit der Bahnpolizeibeamten erstreckt sich, ohne Rücksicht auf den ihnen angewiesenen Wohnsitz, auf die ganze Bahn, die dazu gehörigen Anlagen und soweit, als solches zur Handhabung der für den Eisenbahnbetrieb geltenden Polizeiverordnungen erforderlich ist.

§ 52. Gegenseitige Unterstützung der verschiedenen Polizeibeamten. Die sonstigen Polizeibeamten sind verpflichtet, die Bahnpolizeibeamten auf deren Ersuchen in der Handhabung der Bahnpolizei zu unterstützen. Ebenso sind die Bahnpolizeibeamten verbunden, den übrigen Polizeibeamten bei der Ausübung ihres Amts innerhalb des im vorhergehenden Paragraphen bezeichneten Gebiets Beistand zu leisten, soweit es die den Bahnbeamten obliegenden besonderen Pflichten zulassen.

VII. Aufsichtsbehörden.

§ 53. Welche Behörden in jedem Bundesstaate unter der Bezeichnung Landes-Aufsichtsbehörde und Aufsichtsbehörden im Sinne dieser Vorschriften zu verstehen sind, wird von der Centralbehörde des Bundesstaates bestimmt und dem R.-E.-Amt mitgetheilt. Für die Reichseisenbahnen in Elsass-Lothringen erfolgt diese Festsetzung und Mittheilung durch die zuständige oberste Reichsbehörde.

VIII. Uebergangsbestimmungen.

§ 54. Sofern auf einer Bahn einzelne in diesen Vorschriften vorgesehene Einrichtungen noch nicht bestehen, können für deren Ausführung von der betreffenden Landes-Aufsichtsbehörde mit Zustimmung des R.-E.-Amts angemessene Fristen bewilligt werden. Befristungen, welche bereits bewilligt sind, werden hiervon nicht berührt.

IX. Schlussbestimmungen.

§ 55. Diese Bahnordnung tritt mit dem 1. Juli 1897 in Kraft. In Rücksicht auf besondere Verhältnisse eines Bahnunternehmens können von der zuständigen Landes-Aufsichtsbehörde mit Zustimmung des R.-E.-Amts Abweichungen von einzelnen der vorstehenden Vorschriften zugelassen werden. Die von den Bundesregierungen oder Eisenbahnverwaltungen erlassenen Ausführungsbestimmungen sind dem R.-E.-Amt mitzutheilen.

III. Circularerlass des preuss. Ministeriums der öffentlichen Arbeiten,

betr. die Mitbenutzung öffentlicher Wege zur Anlage von Bahnen untergeordneter Bedeutung (Neben-Eisenbahnen)

vom 8. März 1881.

Bei Aufstellung und Prüfung von Projecten für Eisenbahnen untergeordneter Bedeutung, für welche die Mitbenutzung von Chausseen oder anderen öffentlichen Wegen in Aussicht genommen ist, sind bezüglich der Beurtheilung der allgemeinen Bedingungen für die Zulässigkeit dieser Mitbenutzung, sowie bezüglich der Bemessung der im Fall der Mitbenutzung für das Landfuhrwerk frei zu haltenden Wegebreiten die nachstehend angegebenen Grundsätze zu beachten, soweit nicht besondere Verhältnisse Abweichungen zweckmässig oder nothwendig erscheinen lassen:

1) Die Mitbenutzung eines öffentlichen Weges zur Anlage einer Eisenbahn untergeordneter Bedeutung in der Weise, dass der Bahnkörper von dem für die Benutzung durch das gewöhnliche Fuhrwerk übrig bleibenden Theile des Weges durch Einfriedigung, Gräben, Baumreihen oder in sonstiger Weise nicht vollständig getrennt ist, darf, bis hierüber weitere Erfahrungen vorliegen, in der Regel nur dann zugelassen werden, wenn die für die Eisenbahnzüge in Aussicht genommene Maximalfahrgeschwindigkeit (§ 27 der Bahnordnung für die Neben-Eisenbahnen vom 5. Juli 1892) 20 km pro Stunde nicht übersteigt.

Ob und in welchem Maasse eine Beschränkung dieser Maximalgeschwindigkeit bei dem Durchfahren von Ortschaften oder für einzelne sonstige besonders frequente Wegestrecken vorzuschreiben ist, muss der Erwägung und Festsetzung für jeden einzelnen speciellen Fall überlassen bleiben.

2) Das Eisenbahngleis ist in der Regel derartig anzuordnen, dass der für den Verkehr des Landfuhrwerks verbleibende Wegetheil auf einer Seite der Eisenbahn liegt.

Bei der Bemessung der Breite dieses Wegetheils wird es nur in Ausnahmefällen erforderlich sein, auf eine solche Breite der Fahrstrasse Bedacht zu nehmen, dass der Eisenbahnzug und zwei Landfuhrwerke gleichzeitig auf derselben Stelle an einander vorbeifahren können. Es wird vielmehr in der Regel genügen, wenn eine solche Breite neben dem Bahngleise disponibel bleibt, dass sowohl ein Landfuhrwerk von der grössten vorkommenden Ladebreite (etwa 3^m) neben einem Bahnzuge passiren kann, als auch zwei Landfuhrwerke von der grössten vorkommenden Ladebreite einander dann ausweichen können, wenn kein Bahnzug dieselbe Stelle passirt. Zur Erfüllung dieser Bedingungen wird es, sofern der Raum zwischen und neben den Schienen so beschaffen ist, dass derselbe von Landfuhrwerk befahren werden kann, genügen, wenn, von den am meisten ausladenden Theilen der Locomotiven und Eisenbahnwagen abgerechnet, eine Breite von 4^m für den Verkehr des Landfuhrwerks völlig frei bleibt*).

Bei normalspurigen Bahnen würde hiernach unter Zugrundelegung der in den Normen für Construction etc. der Eisenbahnen Deutschlands festgesetzten Maximalausladung von $3{,}15^m$ die Entfernung der Gleismitte von der durch die Baumreihe oder in anderer Weise gebildeten Begrenzung des freien Raums des Wegs ca. $5{,}6^m$ betragen.

---

*) $3{,}0^m$ Maximalbreite der Lastwagen $+0{,}5^m$ Spielraum zwischen letzteren und dem Eisenbahnfahrzeug $+ 0{,}5^m$ Abstand zwischen Lastwagen und der Linie des Baumsatzes.

Digitized by Google

Ist dagegen der von dem Bangleise in Anspruch genommene Raum für Landfuhrwerk nicht benutzbar, so würde die für das Landfuhrwerk erforderliche Wegbreite zwischen dem Punkte, bis zu welchem das Rad eines Landfuhrwerks sich dem Gleise nähern kann, und der Begrenzung des Wegs auf der der Bahn entgegengesetzten Seite ca. 6^m betragen müssen, wenn das Maximalmaass für die Spurweite der Landfuhrwerke zu $1{,}8^m$ angenommen wird. Das Maass für die Entfernung von Gleismitte bis zur Baumreihe oder der sonstigen Begrenzung des Wegs hängt in diesem Falle ausser von der Spurweite des Bahngleises auch von der Breite des Raums neben der Schiene ab, welcher nach der gewählten Oberbauconstruction für die Landfuhrwerke nicht benutzbar ist.

Bei Annahme der Normalspur ($1{,}435^m$) würde dieses Maass, je nachdem ein Oberbau auf Langschwellen oder ein solcher auf Querschwellen angeordnet wird, zwischen 7^m und $7{,}5^m$ variiren.

Bei Führung einer Bahn durch Ortschaften erscheint es zweckmässig, das Gleise, wenn irgend thunlich, in die Mitte der Strasse zu legen. Sofern, was in der Regel der Fall sein wird, der Raum zwischen und neben den Schienen so beschaffen ist, dass er für Landfuhrwerk benutzbar bleibt, sind die Breiten in der Weise zu bemessen, dass auf jeder Seite eines das Gleise passirenden Zuges eine Breite von 4^m zwischen den am weitesten ausladenden Theilen der Locomotive und Eisenbahnwagen und der Begrenzung des freien Raums der Strasse erforderlich ist.

Es berechnet sich hieraus unter der Annahme, dass die Bahn normalspurig und dementsprechend die zulässige grösste Ausladung der Fahrzeuge resp. der Ladung $= 3{,}15^m$ ist, die erforderliche Breite der Strasse zwischen den dieselbe begrenzenden Gebäuden, Zäunen u. s. w. auf ca. $11{,}2^m$.

Ist diese Breite nicht vorhanden, so ist das Gleise auf einer Seite der Strasse anzuordnen. Die dann unter den vorher für die Spurweite der Bahn und die Ausladung der Fahrzeuge gemachten Annahmen erforderliche Minimalbreite der Strasse von $7{,}7^m$ wird aber in der Regel nur für einzelne kurze Strecken, welche durch vorspringende Gebäude, Zäune etc. besonders eingeschränkt sind, als zulässig zu erachten sein.

Ob und eventuell inwieweit neben dem nach den vorstehend angegebenen Gesichtspunkten zu bemessenden Raumbedürfnisse noch besonderer Raum zu Lagerplätzen für die zur Unterhaltung der Strasse erforderlichen Baumaterialien nothwendig ist und ob eventuell für diesen Zweck an einzelnen Stellen der Strasse Verbreiterungen derselben vorzunehmen sind, ist in jedem einzelnen Falle nach Lage der besonderen Verhältnisse festzustellen.

IV. Auszug aus dem Gesetze über Kleinbahnen und Privatanschlussbahnen.

Vom 28. Juli 1892.

Nebst Ausführungs-Anweisung vom 22. August 1892.

I. Kleinbahnen.

§. 1. Kleinbahnen sind dem öffentlichen Verkehre dienenden Bahnen welche wegen ihrer geringen Bedeutung dem Gesetze über die Eisenbahnunternehmungen vom 3. Nov. 1838 nicht unterliegen. Ob die Voraussetzung dieses Gesetzes vorliegt, entscheidet das Staatsministerium.

§. 2. Zur Herstellung und zum Betriebe einer Kleinbahn bedarf es der Genehmigung der zuständigen Behörde. Dasselbe gilt für wesentliche Erweiterungen oder Aenderungen. Diese ist zu versagen, wenn die Erweiterung die Unterordnung unter das G. v. 3. Nov. 1838 bedingt.

§. 3. Zur Ertheilung der Genehmigung ist zuständig: 1. wenn der Betrieb mit Maschinenkraft beabsichtigt wird: der Reg.-Präsident, für Berlin der Polizei-Präs., im Einvernehmen mit der vom Minister der öffentl. Arb. bezeichneten Eisenbahnbehörde; 2. in allen übrigen Fällen, und zwar: a) sofern Kunststrassen, welche nicht als städtische Strassen in der Verwaltung von Stadtkreisen stehen, benutzt oder von der Bahn mehrere Kreise oder nicht preusische Landestheile berührt werden sollen, der Reg.-Präs., b) sofern mehrere Polizeibezirke desselben Landkreises berührt werden: der Landrath, c) sofern das Unternehmen innerhalb eines Polizeibezirks verbleibt: die Orts-Polizeibehörde. Wenn die zum Betriebe mit Maschin. einzurichtende Bahn die Bezirke mehrerer Landes-Polizeibehörde berührt, oder in dem Falle der Nr. 2 a die Kreise nicht in demselben Regierungsbezirke liegen, bezeichnet der Ober-Präsident, falls jedoch die Landes-Polizeibezirke bezw. Kreise verschiedenen Provinzen angehören, oder Berlin betheiligt ist, der Minister der öffentlichen Arbeiten im Einvernehmen mit dem Ministerium des Innern die zuständige Behörde. Die Zuständigkeit zur Genehmigung von wesentlichen Aenderungen des Unternehmens regelt sich so, als ob das Unternehmen neu zu genehmigen wäre. Jedoch bleibt zur Genehmigung von Aenderungen des Betriebes der in Nr. 1 erwähnten Unternehmungen diejenige Behörde zuständig, welche die Genehmigung zum Bau und Betriebe ertheilt hat.

§. 4. Die vorgängige polizeiliche Prüfung beschränkt sich auf: 1. betriebssichere Beschaffenheit der Bahn und Betriebsmittel, 2. Schutz gegen schädliche Einwirkungen der Anlage und des Betriebes, 3. technische Befähigung und Zuverlässigkeit der in dem äusseren Betriebsdienste anzustellenden Bediensteten, 4. Wahrung der Interessen des öffentlichen Verkehrs.

§. 5. Dem Antrage auf Ertheilung der Genehmigung sind die zur Beurtheilung des Unternehmens in technischer und finanzieller Hinsicht erforderlichen Unterlagen, insbesondere ein Bauplan, beizufügen.

§. 6. Soweit ein öffentlicher Weg benutzt werden soll, hat der Unternehmer die Zustimmung der zur Unterhaltung des Weges Verpflichteten beizubringen. Der Unternehmer ist zur Unterhaltung des benutzten Wegetheiles verpflichtet und hat hierfür Sicherheit zu bestellen. Die Unterhaltungspflichtigen können für die Benutzung des Weges ein angemessenes Entgelt beanspruchen, ingleichen sich den Erwerb der Bahn nach einer bestimmten Frist gegen Schadloshaltung des Unternehmers vorbehalten.

§ 7. Die Zustimmung der Unterhaltungspflichtigen kann ergänzt werden: soweit eine Provinz betheiligt ist, durch den Provinzialrath, wogegen die Beschwerde an den Minister d. öffentl. Arb. zulässig ist; soweit eine Stadtgemeinde oder ein Kreis betheiligt ist, oder es sich um

mehrere Kreise handelt, durch den Bezirksausschuss, im Uebrigen durch den Kreisausschuss. Durch den Ergänzungsbeschluss wird unter Ausschluss des Rechtsweges zugleich über die nach §. 6 an den Unternehmer gestellten Ansprüche entschieden.

§. 8. Vor der Genehmigung ist die Wege-Polizeibehörde und, wenn die Eisenbahnanlage sich einer Festung nähert, die Festungsbehörde zu hören. In diesem Falle darf die Genehmigung nur im Einverständniss mit der Festungsbehörde ertheilt werden. Wenn die Bahn sich einer Reichstelegraphenanlage nähert, so ist die zuständige Telegraphenbehörde zu hören. Soll eine dem Gesetze vom 3. Nov. 1838 unterworfene Eisenbahn gekreuzt werden, so darf die Genehmigung nur im Einverständniss der Eisenbahnbehörde ertheilt werden.

§. 9. In der Genehmigung sind die Verpflichtungen zu bestimmen, welchen der Unternehmer im Interesse der Landesvertheidigung und der Reichspostverwaltung n. §. 42 zu genügen hat.

§. 10. Bei Bahnen, auf welchen die Beförderung von Gütern stattfinden soll, kann vorbehalten werden, den Unternehmer jederzeit zur Gestattung von privaten Anschlussgleisen anzuhalten. Art und Ort der Einführung unterliegt der Genehmigung der eisenbahntechnischen Aufsichtsbehörde. Die Behörde (§. 3) hat mangels gütlicher Vereinbarung der Interessenten auch die Verhältnisse des Bahnunternehmens und des den Anschluss Beantragenden zu einander vorbehaltlich des Rechtsweges festzusetzen.

§. 11. Bei der Genehmigung ist die Art der Sicherstellung für die Unterhaltung und Wiederherstellung öffentlicher Wege vorzuschreiben. Für die Eröffnung des Betriebes kann eine Frist festgesetzt und Geldstrafen für den Fall der Nichteinhaltung sowie Sicherheitsstellung hierfür gefordert werden. Auch können Geldstrafen und Sicherheitsstellung zur Aufrechterhaltung des ordnungsmässigen Betriebes während der Dauer der Genehmigung vorgesehen werden.

§. 12. Der nach diesem Gesetze erforderlichen Sicherstellung bedarf es nicht, wenn das Reich, der Staat oder ein Kommunalverband Unternehmer ist.

§. 13. Die Genehmigung kann dauernd oder auf Zeit ertheilt werden. Sie erfolgt unter dem Vorbehalte der Rechte Dritter, der Ergänzung und Abänderung durch Feststellung des Bauplanes (§§. 17 und 18).

§. 14. Bei der Genehmigung (§. 2) sind durch die zuständige Behörde der Fahrplan und die Beförderungspreise festzustellen; zugleich sind die Zeiträume zu bezeichnen, nach deren Ablauf diese Feststellungen wiederholt werden müssen. Von der Feststellung über den Fahrplan kann für einen bei der Genehmigung festzusetzenden Zeitraum abgesehen werden. Dieser Zeitraum kann verlängert werden. Die Feststellung der Beförderungspreise steht innerhalb eines bei der Genehmigung festzusetzenden Zeitraumes von mindestens 5 Jahren nach der Eröffnung des Betriebes dem Unternehmer frei.

§. 15. Der Aushändigung der Genehmigungsurkunde müssen die nach §. 11 geforderten Sicherstellungen vorausgehen.

§. 16. Die Genehmigung, welche für eine Aktiengesellschaft, eine Kommanditgesellschaft auf Aktien oder eine Gesellschaft mit beschränkter Haftung behufs Eintragung in das Handelsregister (Artikel 210 Absatz 2 Nr. 4, Artikel 176 Absatz 2 Nr. 4 des Deutschen Handelsgesetzbuchs, §. 8 Nr. 4 des Reichsgesetzes vom 20. April 1892 — Reichs-Gesetzbl. S. 477 —) ausgehändigt worden ist, tritt erst in Wirksamkeit, wenn der Nachweiss der Eintragung in das Handelsregister geführt ist.

§. 17. Mit dem Bau von Bahnen für den Betrieb mit Maschinenkraft darf erst begonnen werden, nachdem der Bauplan durch die genehmigende Behörde in folgender Weise festgestellt ist: 1. Der Planfeststellung werden die bei der Genehmigung vorläufig getroffenen Festsetzungen zu Grunde gelegt. 2. Plan nebst Beilagen sind in dem betreffenden Gemeindebezirke während vierzehn Tagen offenzulegen. Zeit und Ort der Offenlegung ist ortsüblich bekannt zu machen. Während dieser Zeit kann jeder Betheiligte im Umfange seines Interesses Einwendungen gegen den Plan erheben. Auch der Vorstand des Gemeindebezirkes kann Einwendungen gegen die Richtung des Unternehmens oder gegen

Anlagen nach § 18 erheben. Diejenige Stelle, bei welcher solche Einwendungen schriftlich oder mündlich vorzubringen sind, ist zu bezeichnen. 3. Nach Ablauf der Frist (Nr. 2) sind die erhobenen Einwendungen in einem nöthigenfalls an Ort und Stelle durch einen Beauftragten abzuhaltenden Termine, zu dem der Unternehmer und die Betheiligten (Nr. 2) vorgeladen werden müssen und Sachverständige zugezogen werden können, zu erörtern. 4. Nach Beendigung der Verhandlungen über die erhobenen Einwendungen erfolgt die Feststellung des Planes sowie der Anlagen, zu deren Errichtung und Unterhaltung der Unternehmer verpflichtet ist (§. 18). Der Feststellung bedarf es nicht, wenn eine Planfestsetzung zum Zwecke der Enteignung stattfindet.

§. 18. Dem Unternehmer ist bei der Planfeststellung (§. 17) die Herstellung und Unterhaltung derjenigen Anlagen aufzuerlegen, welche die den Bauplan festsetzende Behörde zur Sicherung der benachbarten Grundstücke gegen Nachtheile oder im öffentlichen Interesse für erforderlich erachtet.

§. 19. Zur Eröffnung des Betriebes bedarf es der Erlaubniss der zur Ertheilung der Genehmigung zuständigen Behörde.

§. 20. Die Betriebsmaschinen sind vor ihrer Einstellung in den Betrieb und nach Vornahme erheblicher Aenderungen, ausserdem aber zeitweilig der Prüfung durch die zuständige Behörde (§. 22) zu unterwerfen.

§ 21. Fahrplan und Preise sowie die Aenderungsn derselben sind vor ihrer Einführung öffentlich bekannt zu machen. Ermässigungen der Beförderungspreise, welche nicht Jedermann zu Gute kommen, sind unzulässig.

§. 22. Rücksichtlich der Erfüllung der Vorschriften dieses Gesetzes ist jede Kleinbahn der Aufsicht der für ihre Genehmigung jeweilig zuständigen Behörde unterworfen.

§. 23. Die Genehmigung kann durch die Aufsichtsbehörde für erloschen erklärt werden, wenn die Ausführung der Bahn oder die Eröffnung des Betriebes nicht innerhalb der bestimmten oder verlängerten Frist erfolgt.

§. 24. Die Genehmigung kann zurückgenommen werden, wenn der Bau oder Betrieb ohne genügenden Grund unterbrochen oder wiederholt gegen die dem Unternehmer obliegenden Verpflichtungen in wesentlicher Beziehung verstossen wird.

§. 25. Ueber die Zurücknahme entscheidet das Oberverwaltungsgericht.

§. 26. Bei Erlöschen der Genehmigung wird die bestellte Sicherheit, soweit sie nicht in Anspruch zu nehmen ist, herausgegeben.

§. 27. Ob und inwieweit bei Erlöschen (§. 23) oder Zurücknahme (§. 24) die bestimmten Geldstrafen verfallen, entscheidet unter Ausschluss des Rechtsweges der Minister d. öffentl. Arb.

§. 28. Unternehmer von Kleinbahnen sind verpflichtet, sich den Anschluss anderer Bahnen gefallen zu lassen, sofern die Behörde den Anschluss für zulässig erachtet. Dieselbe Behörde regelt in Ermangelung einer gütlichen Vereinbarung die Verhältnisse beider Unternehmer zu einander und setzt vorbehaltlich des Rechtsweges die dem erstgedachten Bahnunternehmer zu leistende Vergütung fest.

§. 29. Unternehmer von Kleinbahnen können die Gestattung des Anschlusses ihrer Bahnen an Eisenbahnen verlangen, welche dem Gesetze vom 3. Nov. 1838 unterliegen, sofern der Minister der öffentl. Arb. mit Rücksicht auf die Konstruktion und Betrieb der letzteren den Anschluss für zulässig erachtet. Ueber die Verhältnisse beider Unternehmer zu einander entscheidet, unter Vorbehalt des Rechtsweges, der Minister der öffentl. Arbeiten.

§. 30. Haben Kleinbahnen nach Entscheidung des Staatsministeriums eine solche Bedeutung für den öffentlichen Verkehr gewonnen, dass sie als Theil des allgemeinen Eisenbahnnetzes zu behandeln sind, so kann der Staat den eigenthümlichen Erwerb solcher Bahnen gegen Entschädigung des vollen Werths nach einer mit einjähriger Frist vorangegangenen Ankündigung beanspruchen.

§. 31. Der Erwerb (§. 30) erfolgt unter sinngemässer Anwendung der Bestimmungen des § 42 Nr. 4 a b d des Gesetzes vom 3. Nov. 1838, mit der Massgabe, dass der Berechnung des 25fachen Betrages nach §. 42 Nr. 4 a des vorerwähnten Gesetzes das steuerpflichtige Einkommen nach den Bestimmungen des Einkommensteuergesetzes vom 24. Juni 1891 (Gesetz-Samml. S. 175) zu Grunde zu legen ist, jedoch bei den Aktiengesellschaften und Kommanditgesellschaften auf Aktien der Abzug von 3½ Prozent des eingezahlten Aktienkapitals (§. 16 Einkommensteuergesetz) fortfällt. War das zu erwerbende Unternehmen noch nicht 5 Jahre im Betriebe, so ist für die Entschädigung der bisher erzielte Reingewinn massgebend.

§. 32. Der Unternehmer kann verpflichtet werden, über jede Bahn, für welche ihm eine besondere Genehmigung ertheilt worden ist, dergestalt Rechnung zu führen, dass der Reinertrag derselben, daraus mit Sicherheit entnommen werden kann. Die Vernachlässigung dieser Verpflichtung begründet für den Staat das Recht, die Berechnung der Entschädigung nach dem Sachwerthe (§§. 33 bis 35) zu verlangen.

§. 33. Der Unternehmer kann Entschädigung nach dem Sachwerthe verlangen, wenn das Unternehmen noch nicht länger als 15 Jahre im Betriebe ist. Erfolgt die Erwerbung in den ersten 5 Jahren des Betriebes, so werden dem Sachwerth 20 Prozent, erfolgt sie in den nachfolgenden 10 Jahren, so werden demselben 10 Prozent zugeschlagen.

§. 34. Im Falle der Entschädigung nach dem Sachwerthe bilden den Gegenstand des Erwerbes alle dem Unternehmen gewidmeten Sachen und Rechte des Unternehmers, die Forderungen und Schulden jedoch nur insoweit, als dieselben nach beiderseitigem Einverständnisse auf den Staat übergehen sollen. In die mit den Beamten und Arbeitern bestehenden Verträge tritt der Staat ein, ebenso in die Verträge zur Beschaffung von Material. Für alle Bestandtheile ist der volle Werth zu vergüten.

§. 35. Die Abschätzung und die Festsetzung der Entschädigung (§. 34) erfolgt nach einem von dem Unternehmer aufzustellenden Inventar.

§. 36. Die Festsetzung der Entschädigung (§§. 31 und 33 bis 35) erfolgt, vorbehaltlich des beiden Theilen zustehenden, innerhalb sechs Monaten nach Zustellung des Festsetzungsbeschlusses zu beschreitenden Rechtsweges, durch den Bezirksausschuss unter sinngemässer Anwendung der §§. 24 bis 29 des Enteignungsgesetzes vom 11. Juni 1874. Der Bezirksausschuss ist auch für das Vollziehungsverfahren zuständig.

§. 37. Auf die Ermittelung der Entschädigungen finden die §§. 24 bis 28, auf die Vollziehung der Enteignung die §§. 32 bis 37, auf das Verfahren vor dem Bezirksausschusse und auf die Wirkungen der Enteignung die §§. 39 bis 46 des Enteignungsgesetzes vom 11. Juni 1874 sinngemässe Anwendung.

§. 38. Erwerbsberechtigten (§. 6) gegenüber greift das Erwerbungsrecht des Staates gleichfalls Platz. Ihnen ist der volle Werth des Erwerbsrechtes zu erstatten.

§. 39. Zur Anlegung von Bahnen in Berlin und Potsdam bedarf es Königlicher Genehmigung.

§. 40. Die Kleinbahnen werden der Gewerbesteuer auf Grund des Gewerbesteuergesetzes vom 24. Juni 1891 (G.-Samml. S. 205) unterworfen. Bezüglich der Kommunal-Besteuerung sind Kleinbahnen als Privateisenbahnunternehmungen im Sinne des §. 4 des Gesetzes vom 27. Juli 1885, (G.-Samml. S. 327), nicht zu erachten.

§. 41. Die auf Grund des Allerh. Erlasses vom 16. Sept. 1867 (Ges.-Samml. S. 1528), des Gesetzes vom 7. März 1868 (G.-Samml. S. 223), des Gesetzes vom 11. März 1872 (G.-Samml. S. 257) und der §§. 2 und 3 des Gesetzes vom 8. Juli 1875 (G.-Samml. S. 497) den dort genannten Provinzial- und Kommunalverbänden überwiesenen Kapitalien und Summen können auch zur Förderung von Kleinbahnen verwendet werden.

§. 42. Die Kleinbahnen unterliegen nachfolgenden Verpflichtungen gegenüber der Postverwaltung: 1. Die Unternehmer haben mit jeder regelmässigen Fahrt einen Postunterbeamten mit einem Briefsack und, soweit der Platz reicht, auch andere Unterbeamte im Dienst gegen

Zahlung der Abonnementsgebühr oder, falls solche nicht besteht, der Hälfte des tarifmässigen Personengeldes zu befördern. 2. Die Unternehmer solcher Bahnen, welche sich nicht ausschliesslich mit der Personenbeförderung befassen, sind verpflichtet, mit jeder Fahrt: a) Postsendungen jeder Art durch das Zugpersonal zu befördern, und zwar Briefbeutel, Brief- und Zeitungspackete für 50 Pf. für jede Fahrt, die anderen Sendungen gegen Zahlung des Stückguttarifsatzes der betreffenden Bahn oder, sofern dieser Betrag höher ist, für 2 Pf. für je 50 kg und 1 km; b) in Zügen mit mehr als 1 Wagen, eine Abtheilung eines Wagens für die Postsendungen, das Begleitpersonal und die erforderlichen Postdienstgeräthe, gegen Zahlung der in den Artikeln 3 und 6 des Reichsgesetzes vom 20 Dezember 1875 (Reichs-Gesetzbl. S. 318) und den dazu gehörigen Vollzugsbestimmungen festgesetzten Vergütung, sowie gegen Entrichtung des halben Stückguttarifsatzes einzuräumen. 3. Die Postverwaltung ist berechtigt, auf ihre Kosten an den Bahnwagen einen Briefkasten anbringen und dessen Leerung bewirken zu lassen.

II. Privatanschlussbahnen.

§. 43. Bahnen, welche dem öffentlichen Verkehre nicht dienen, aber mit Eisenbahnen oder mit Kleinbahnen derart in Gleisverbindung stehen, dass ein Uebergang der Betriebsmittel stattfinden kann, bedürfen, wenn sie für den Betrieb mit Maschinen eingerichtet werden sollen, zur baulichen Herstellung und zum Betriebe polizeilicher Genehmigung.

§. 44. Zur Ertheilung der Genehmigung ist der Reg.-Präs., für Berlin der Polizei-Präsident, im Einvernehmen mit der von dem Minister der öffentl. Arb. bezeichneten Eisenbahnbehörde zuständig. Berührt die Bahn mehrere Landespolizeibezirke, so bestimmt, wenn sie derselben Provinz angehören, der Oberpräsident, falls sie verschiedenen Provinzen angehören oder Berlin dabei betheiligt ist, der Minister d. öffentl. Arb. im Einvernehmen mit dem Minister des Innern die zuständige Landespolizeibehörde.

§. 45. Die polizeiliche Prüfung beschränkt sich 1) auf betriebssichere Beschaffenheit der Bahn und der Betriebsmittel, 2) auf die technische Befähigung der in dem äusseren Betriebsdienste anzustellenden Bediensteten, 3) auf den Schutz gegen schädliche Einwirkungen der Anlage und des Betriebes.

§ 46. Zur Benutzung öffentlicher Wege bedarf es der Zustimmung der Unterhaltungspflichtigen und der Genehmigung der Wegepolizeibehörde.

§. 47. Die Bestimmungen der §§. 8, 17 bis 20 und 22 Satz 1 finden auf diese Bahnen gleichmässige Anwendung.

§. 48. Polizeiliche Bestimmungen über den Betrieb auf solchen Bahnen können nur im Einverständniss mit der Eisenbahnbehörde (§. 44) erlassen werden.

§. 49. Die Genehmigung kann zurückgenommen werden, wenn wiederholt gegen die Bedingungen derselben in wesentlicher Beziehung verstossen wird. Ueber die Zurücknahme der Genehmigung entscheidet auf Klage der Behörde (§. 44) das Oberverwaltungsgericht.

§. 50. Die eisenbahntechnische Aufsicht und Ueberwachung der Privatanschlussbahnen erfolgt durch diejenige Behörde, welcher diese Aufgaben bezüglich der dem öffentlichen Verkehre dienenden Bahn, an welche sie anschliessen, obliegen.

§. 51. Die Bestimmungen der §§. 43 bis 49 finden auf diejenigen Bahnen, welche Zubehör eines Bergwerks im Sinne des Allgemeinen Berggesetzes vom 24. Juni 1865 (G.-Samml. S. 705) bilden, keine Anwendung. Durch die Bestimmung in §. 50 wird das auf dem Allgemeinen Berggesetze vom 24. Juni 1865 (G.-Samml. S. 705) beruhende Aufsichtsrecht der Bergbehörden gegenüber diesen Bahnen nicht berührt.

III. Gemeinsame und Uebergangsbestimmungen.

§. 52. Gegen die Beschlüsse der Landes-Polizeibehörden und der eisenbahntechnischen Aufsichtsbehörden findet Beschwerde an den

Digitized by Google

Minister der öffentl. Arb. statt. Im Uebrigen greifen die nach den Bestimmungen der §§. 127 bis 130 des Gesetzes über die allgemeine Landesverwaltung vom 30. Juli 1883 (Gesetz.-Samml. S. 195) zulässigen Rechtsmittel Platz.

§. 53. Für bereits genehmigte Kleinbahnen und Privatanschlussbahnen ist diejenige Behörde zuständig, welcher die Genehmigung nach diesem Gesetze obgelegen hätte. Auf diese Bahnen finden die §§. 2, 20 bis 22, 24, 25, 40, 42 und 52, beziehungsweise 48 bis 50 des gegenwärtigen Gesetzes, sowie die Bedingungen und Vorbehalte, welche bei ihrer Genehmigung vorgesehen sind, Anwendung.

Ausführungs-Anweisung vom 22. August 1892.

Zu §. 1. Sofern der Antrag auf Genehmigung oder Veränderung einer Kleinbahn aus dem Grunde abgelehnt wird, weil die Bahn dem Gesetz vom 3. Nov. 1838 zu unterstellen sein würde, ist in der Verfügung der Grund hierfür anzugeben und zugleich zu bemerken, dass ein etwaiger Antrag auf Entscheidung des Staats-Ministeriums bei dem verfügenden Regierungs-Präsidenten binnen einer angemessen festzusetzenden Frist einzureichen sei.

Zu §. 2. Die Genehmigung für das Unternehmen ist dem Antragsteller für seine Person zu ertheilen.

Zu §. 3. Als Kunststrassen sind anzusehen: a) für den Geltungsbereich des Gesetzes vom 20. Juni 1887 (Ges.-Samml. S. 301) die im §. 12 daselbst bezeichneten Kunststrassen; b) für die Provinz Hannover: die Chausseen und Landstrassen; c) für Schleswig-Holstein mit Ausnahme des Kreises Herzogthum Lauenburg: die in der Unterhaltung der Provinz befindlichen Haupt- und Neben-Landstrassen und die in der Unterhaltung der Kreise befindlichen ausgebauten Neben-Landstrassen; d) für die Provinz Hessen-Nassau: die vormaligen Staatsstrassen, die Provinzial-, Distrikts- und chaussirten Verbindungsstrassen sowie die Landwege; e) für die Hohenzollernschen Lande: die Landstrassen; f) für den Kreis Herzogthum Lauenburg: die Landstrassen.

Zu §. 4. Die Nummern 1—4 bezeichnen diejenigen Punkte, auf welche sich die polizeiliche Prüfung überhaupt nur erstrecken darf; es ist aber nicht nothwendig, dass alle dort aufgeführten Punkte zum Gegenstande polizeilicher Festsetzung gemacht werden. Ueber das, was nach dem pflichtmässigen Ermessen der Behörde zur Sicherung der öffentlichen Interessen nothwendig ist, darf in keinem Falle hinausgegangen werden. Sofern die von dem Unternehmer beigebrachten Unterlagen seines Gesuches die erforderliche Prüfung im einzelnen noch nicht gestatten, kann dieselbe bis zur Ausführung des Baues und Betriebes vorbehalten werden. Es wird als im äusseren Betriebsdienst stehend nur das Personal zu verstehen sein, welches mit der Beförderung oder Bahnunterhaltung unmittelbar zu thun hat (Lokomotivführer, Heizer, Zugführer, Schaffner, Kutscher, Bahnmeister, das mit der Abfertigung der Züge betraute Personal u. s. w.). Bedingungen und Vorbehalte, an welche die Genehmigung geknüpft wird, sind stets in die Genehmigungsurkunde selbst aufzunehmen.

Zu § 5. Die in technischer Hinsicht beizufügenden Unterlagen haben lediglich den Zweck, die nach §. 4 Nr. 1 erforderliche Prüfung zu ermöglichen. In der Regel werden nicht entbehrt werden können: 1. für Bahnen mit Dampfkraft-Betrieb: a) ein Lageplan und ein Höhenplan; b) Zeichnungen der Brücken und Drehscheiben; c) Zeichnungen des Ober-Baues, der Weichen und des Normalquerprofils; d) Umgrenzung des lichten Raumes, sowie der grössten zulässigen Breiten- und Höhenmasse der Betriebsmittel; e) Zeichnungen der Betriebsmittel, insbesondere auch der Bremsvorrichtungen nebst den zur Erläuterung erforderlichen Beschreibungen. 2. für andere Bahnen: a) ein Lageplan, Zeichnungen der Schienen und Weichen und die vorstehend unter d und e aufgeführten Vorlagen. Ob einzelne Zeichnungen durch Beschreibungen ersetzt werden können, bleibt dem Ermessen der genehmigenden Behörde überlassen. In finanzieller Beziehung gilt es zu prüfen, ob der Unternehmer die Mittel zur Herstellung der Bahn

besitzt oder beschaffen werde, und ob dieselben zur Vollendung und Ausrüstung der Bahn genügen. Das letztere kann nur auf Grund eines Kostenanschlages geprüft werden, welcher daher in der Regel zu erfordern ist.

Zu §. 7. Die Prüfung hat sich darauf zu erstrecken, ob Anlass vorliegt, zwangsweise in das Verfügungsrecht des Unterhaltungspflichtigen einzugreifen.

Zu §. 8. Die Unterlagen (§. 5) sind, wenn Bahnen in Festungen angelegt werden bezw. sich den Festungen bis auf etwa 15 km nähern sollen, vor Ertheilung der Genehmigung der Festungsbehörde vorzulegen. Zur Genehmigung bedarf es des Einverständnisses dieser Behörde.

Zu §. 9. Bei allen für den Maschinenbetrieb eingerichteten Bahnen sind im Interesse der Landesvertheidigung folgende Bestimmungen zu beachten: I. Gleise. a. Es sind ausser der Normalspur nur Spurweiten von 0,600, 0,750 und 1,000 m zuzulassen. b. Sofern Querschwellenoberbau angewendet wird, soll das Mindestgewicht der Schienen 9,5 kg auf das Meter betragen. c. Bei einer Spurweite von 0,600 m soll der kleinste Krümmungshalbmesser 30 m betragen. d. Die lichte Weite der Spurrinnen bei Weichen, Kreuzungen, Ueberwegen u. s. w. soll nicht unter 0,035 m betragen. Die Bestimmungen unter c und d gelten nicht für Strassenbahnen. II. Rollendes Material. a. Für Bahnen mit einer Spurweite von 0,600 m sollen Lokomotiven und Wagen derartig gebaut sein, dass sie Krümmungen von 30 m Halbmesser anstandslos durchfahren können. b. Es sind nur einflanschige Räder zu verwenden. c. Die Betriebsmittel der Bahnen mit 0,600 m Spurweite sollen centrale Buffer in einer Höhe von 0.300 bis 0,340 m über S. O. erhalten. d. Das Ladegewicht der Wagen, in Kilogramm ausgedrückt, soll durch 500 theilbar sein. III. Bahnhofseinrichtungen. Sofern die Kleinbahnen an andere Bahnen anschliessen und ein Uebergang der Wagen nicht angängig ist, sind zweckentsprechende Vorrichtungen zum Umladen herzustellen.

Zu §. 10. Der Vorbehalt der Verpflichtung der Unternehmer von Kleinbahnen zur Gestattung von Privatanschlussbahnen muss die Regel bilden.

Zu §. 11. Ebenso wird dem Unternehmer die Verpflichtung zur Ausführung der Bahn und des Betriebes auferlegt werden müssen, sofern nicht etwa die Bahn für das öffentliche Verkehrsinteresse ohne Werth sein sollte, wie z. B. Drahtseilbahnen nach Aussichtspunkten. Die Bemessung der erwähnten Geldstrafen erfolgt zweckmässig nach Prozenten des Anlagekapitals. 10 % ist als die äusserste Grenze anzusehen.

Zu §. 13. Im Allgemeinen wird eine Genehmigung ohne zeitliche Begrenzung nicht zu ertheilen sein, wenn öffentliche Wege benutzt werden. Bei Anlegung eines eigenen Bahnkörpers ist eine Genehmigung ohne zeitliche Begrenzung in der Regel nur dann zu ertheilen, wenn die wirthschaftlichen Verhältnisse des Unternehmens es erforderlich erscheinen lassen und öffentliche Interessen nicht entgegenstehen. Die Dauer der Genehmigung muss ausreichend bemessen sein, um dem Unternehmen die Möglichkeit der Amortisation des Anlagekaqitals zu gewähren.

Zu §. 14. Auch für die Vorbehalte und Anforderungen hinsichtlich des Fahrplans und der Beförderungspreise kann im wesentlichen nur der Grad des an dem Betriebe der Bahn bestehenden öffentlichen Verkehrsinteresses den Massstab abgeben. Was den Fahrplan betrifft, so erfordert das öffentliche Sicherheitsinteresse in jedem Falle die Festsetzung der höchsten zulässigen Geschwindigkeit der Züge, welche die für Nebeneisenbahnen statthafte Maximalgrenze nicht überschreiten darf. Im Uebrigen ist nach den besonderen Verhältnissen zu ermessen, ob hinsichtlich der Zahl und der Zeit der Züge weitere Anordnungen zu treffen sind. Wird zunächst hiervon abgesehen, so ist der Zeitraum, nach dessen Ablauf wiederholte Prüfung einzutreten hat, in der Regel auf etwa drei Jahre zu bemessen. Die Mittheilung aller Tarife, Fahrpläne und aller etwa zu erlassenden Betriebsreglements an die Aufsichtsbehörde wird bei jeder Genehmigung vorzubehalten sein.

Zu §. 17. Die Planfeststellung durch den Reg.-Präsidenten erfolgt im Einvernehmen mit der zuständigen Eisenbahnbehörde.

Zu §. 19. Die Erlaubniss zur Eröffnung des Betriebes erfolgt auf Grund einer örtlichen Prüfung der Bahn durch die zur Genehmigung zuständige Behörde.

Zu §. 20. Sowohl bei der Einstellung wie auch bei späteren Prüfungen der Betriebsmaschinen sind diejenigen Vorschriften zu beachten, welche für die auf Nebeneisenbahnen zur Verwendung kommenden Betriebsmaschinen gelten. Die Bestimmungen der am 16. März d. J. erlassenen Anweisung, betreffend die Genehmigung und Untersuchung der Dampfkessel, haben für die Kleinbahnen infolge des §. 20 des gegenwärtigen Gesetzes ihre Geltung verloren.

Zu §. 21. Der Fahrplan und die Beförderungspreise für Personen und für Güter sind mindestens in einem öffentlichen Blatte, welches in der Genehmigungsurkunde zu diesem Zwecke zu bestimmen ist, zur Kenntniss des Publikums zu bringen.

Zu §. 22. Die eisenbahntechnische Beaufsichtigung der Kleinbahnen mit Maschinenbetrieb beschränkt sich auf die Ueberwachung des Betriebes im engeren Sinne, welcher die betriebssichere Unterhaltung der Bahnanlage und der Betriebsmittel und die sichere und ordnungsmässige Durchführung der Züge begreift. Anforderungen an die Unternehmer, welche die Rücksicht auf die Betriebssicherheit nicht nothwendig erheischt, sind unbedingt zu vermeiden.

Zu §. 32. Von der Verpflichtung des Unternehmers zur Führung getrennter Betriebsrechnungen kann abgesehen werden, wenn die Gesammtunternehmung keine andere Bahnen enthält, als städtische Bahnen für den Personenverkehr und Bahnen, welche, wie z. B. Drahtseilbahnen, zum Anschlusse an das Eisenbahnnetz sich nicht eignen.

Zu §. 45. Die Prüfung der betriebssicheren Beschaffenheit der Bahn und der Betriebsmittel bedingt auch für die Anträge auf Genehmigung der Privatanschlussbahnen die in technischer Hinsicht erforderlichen Unterlagen. Es ist daher auch für diese Bahnen die Anweisung zu §. 5, soweit sie die technischen Unterlagen betrifft, gleichmässig zu beachten. Dagegen ist von dem Verlangen von Unterlagen in finanzieller Hinsicht abzusehen.

V. Norm zur Berechnung des Honorars für Arbeiten des Architekten und Ingenieurs.

Nach den Beschlüssen der XVI. Abgeordneten-Versammlung des Verbandes Deutscher Architekten- und Ingenieur-Vereine.

§. 1. Grundsätze der Berechnung.

Das Honorar wird im Allgemeinen als ein Procentsatz der Bausumme berechnet, zu dessen Bestimmung folgende Gesichtspunkte dienen:

a) Der höhere oder niedere Rang der betreffenden Bauausführung.

Für ein Bauwerk höheren Ranges ist ein höherer Procentsatz zu berechnen, als für ein solches von niederem Range, welches die gleichen Baukosten erfordert. (Siehe §. 2.)

b) Die Höhe der Bausumme.

Für ein Bauwerk kleineren Umfanges ist ein höherer Procentsatz zu berechnen, als für ein grösseres Bauwerk der gleichen Rangclasse. (Siehe §. 3.)

c) Die Art und der Umfang der aufgewendeten Thätigkeit.

Das Honorar für die bei einer Bauausführung aufzuwendende Gesammtleistung setzt sich zusammen aus Theilbeträgen, welche den einzelnen Leistungen entsprechen. (Siehe §. 4.)

§. 2. Eintheilung der Bauausführungen nach ihrem Range.

Dem Range nach sind für die Berechnung des Honorars sechs verschiedene Classen von Bauausführungen (Bauclassen) zu unterscheiden

I. Classe.

1. Gewöhnliche landwirthschaftliche Gebäude aller Art, die allereinfachsten ländlichen und städtischen Wohngebäude.

2. Gebäude mit grossen hohlen Räumen von ganz einfacher Construction und Ausstattung, allereinfachste Fabrikgebäude, Lagerräume Schuppen und dergl.

3. Erdarbeiten jeder Art, einfachste Uferdeckungen (Faschinenbau, Steinwürfe, Pflasterungen), Trockenmauern, Ab- und Zuführungsleitungen für Wasser in Gerinnen oder Gräben ohne Kunstbauten, Brunnenanlagen einfachster Art, Strassenbefestigungen, Felssprengungen.

II. Classe.

1. Bessere bürgerliche Wohngebäude auf dem Lande und die Mehrzahl der gewöhnlich construirten und ausgestatteten Wohnhäuser in Städten (Pfarrhäuser und einfache Villen, gewöhnliche Miethhäuser, einfache Häuser für einzelne Familien, einfache Gasthäuser und dergl.).

2. Die einfachsten öffentlichen Gebäude (Volksschulen, einfache Realschulen und Gymnasien, ganz einfache Kirchen, Armenhäuser, einfache Krankenhäuser, Bade- und Waschanstalten, Kasernen, Gefängnisse, Zollhäuser, einfache Bahnhofs-Hauptgebäude, ganz einfache Rathhäuser, Gebäude für Amtsgerichte, untere Verwaltungsbehörden und dergl.).

3. Die unter I. 2. genannten Gebäude, wenn von schwierigerer Construction oder complicirterer Anlage, einfache Speicher- und Fabrikgebäude, Lagerhäuser, Magazine, grössere Werkstätten, gewöhnliche Pflanzenhäuser, Orangerien und dergl.

4. Einfache Hafenanlagen, Schifffahrtskanäle ohne deren Kunstbauten, Stütz- und Futtermauern, Bohlwerke, Durchlässe, Deichsiele, kleinere Thalsperren, feste Wehre. Trockenlegungen, Ent- und Bewässerungen ohne Anwendung von Maschinen, Rohrfahrten oder unterirdische Kanäle ohne Verzweigungen, einfache feste gerade Brücken (bis 10 ^{m} Spannweite), Eisenbahnen im Flachlande, Strassenbahnen, einfache Eisenconstructionen im Hochbau.

Digitized by Google

III. Classe.

1. Alle reicheren städtischen Wohngebäude und Villen, namentlich solche mit architektonisch ausgebildeten Vestibülen, Treppenhäusern, Verkaufsläden, Veranden und dergl., Gartenpavillons, reiche Pflanzenhäuser und Orangerien, architektonisch ausgebildete Stallgebäude, als Bestandtheile von Villen oder zoologischen Gärten, Ställe für Luxuspferde, provisorische Ausstellungs- und Festgebäude und dergl.

2. Alle unter II. 2. aufgeführten öffentlichen Gebäude, falls sie eine reichere architektonische Ausbildung oder ungewöhnliche und zeitraubende Studien erfordernde Einrichtungen erhalten, z. B. für Heizung, Lüftung oder andere Zwecke.

3. Alle übrigen öffentlichen Gebäude von höherer architektonischer Ausbildung im Innern sowohl als im Aeussern (Gebäude für höhere Schulen, Universitäten, reichere Kirchen und Kapellen, Bibliotheken, Museen, Kursäle und Kurhallen, Bazare, Clubhäuser, Fest-, Ball- und Concerthäuser, Theater, Börsen- und Bankgebäude, Hauptgebäude auf grossen Bahnhöfen, Rathhäuser in mittleren Städten, Gebäude für Ministerien und Central-Verwaltungen, Gerichtshöfe).

4. Gründungen aller Art, mit Ausnahme von Luftdruck- und Gefriergründungen, Schleusen, grössere Hafenanlagen, Hellinge, bewegliche Wehre, Wasserbauten für Triebwerke, Ent- und Bewässerungen mit Stollen- oder Schachtbauten, Schöpfwerks-Anlagen, Entwässerungen von Städten, Anlagen zur Gewinnung, Reinigung, Aufbewahrung und Vertheilung von Gas und Wasser, elektrische Beleuchtungs-Anlagen, Speicher und Fabrikgebäude schwierigerer Ausführung mit maschineller Betriebseinrichtung, Schachtspeicher, grössere Hallen von Holz oder Eisen, schwierige feste Brücken (von 10—60^{m} Spannweite), kurze einfache Tunnel, Eisenbahnen im Hügel-, Marsch- und Moorlande, Drahtseilbahnen, Hängebahnen, Strassenbefestigungen unter schwierigen Verhältnissen, schwierige Eisenconstructionen im Hochbau.

IV. Classe.

1. Gebäude in reichster Ausstattung: Wohnhäuser und Villen, Schlösser und Paläste, Kirchen und Kapellen, Clubhäuser, Festräume, Theater, Museen, Rathhäuser und Parlamentshäuser, Prachtthore, Triumphbögen und dergl.

2. Luftdruck- und Gefriergründungen, Docks, geneigte Ebenen (Slips), Schiffshebewerke, grössere Thalsperren, besonders schwierige Brücken (von mehr als 60^{m} Spannweite), hohe Thalübergänge, hohe Aquadukte, Doppelbrücken für Strassen, Eisenbahnen und Kanäle, monumentale Brücken, bewegliche Brücken, schiefe Brücken aus Hausteinen, Traject-Anstalten, längere schwierige Tunnel, Eisenbahnen im Gebirgslande, besonders schwierige Eisenconstructionen im Hochbau.

V. Classe.

Künstlerische Ausschmückungen für in sich abgeschlossene Bautheile, Ausstattung von Innenräumen an Wänden, Decken und Fussboden, soweit hierzu besondere Entwürfe des Architecten nöthig sind, Kunstmöbel und Ausstattungs-Gegenstände, Altäre, Kanzeln, Taufsteine, Orgelgehäuse u. s. w., Denkmäler aller Art, Brunnen, decorative Fassungen von Quellen, Sitzplätze in Parks und dergl.

VI. Classe.

Maschinenanlagen und maschinentechnische Arbeiten.

§. 3. Abstufung nach der Höhe der Bausumme.

Je nach der Höhe der Bausumme sind für die Berechnung des Honorars Abstufungen der Bauausführungen zu unterscheiden. (Siehe §. 5.)

§. 4. Bezeichnung der bei der Honorar-Berechnung in Betracht kommenden einzelnen Leistung.

Die Thätigkeit des Architekten oder Ingenieurs bei einer Bauausführung setzt sich im Allgemeinen aus folgenden Leistungen zusammen:

1. Skizze, allgemeiner Entwurf. Anfertigung der nach Maassen und auf Grund der Vorarbeiten aufgetragenen einfachsten und skizzenhaften Darstellung des beabsichtigten Bauwerkes, mit Kostenschätzung.

2. Entwurf. Anfertigung eines vollständigen Entwurfes in Grundrissen, Ansichten und Durchschnitten, statische bezw. mechanische Berechnung, soweit für den Entwurf erforderlich, nebst Kostenschätzung.

3. Arbeitszeichnungen und Details. Anfertigung der zur Bauausführung erforderlichen Arbeitszeichnungen, der constructiven und ornamentalen Detailzeichnungen und der statischen bezw. mechanischen Berechnungen.

4. Kostenanschlag. Anfertigung eines speciellen Kostenanschlages bezw. der Lieferungsbedingungen.

5. Ausführung. Verdingung sämmtlicher Bauarbeiten, obere Leitung der Bauausführung (generelle Bauaufsicht) event. bei VI. Bauclasse specielle Leitung der Aufstellung

6. Abrechnung. Prüfung und Feststellung der Rechnungen, mit Ausschluss der Ausmessungsarbeiten.

§. 5. Honorar für die Gesammtleistungen des Architekten oder Ingenieurs.

Für die in §. 4 benannten Gesammtleistungen ist das zu berechnende Honorar festgestellt wie folgt:

Betrag des Honorars in Procenten des Kostenanschlags bei einer Summe von:

Classen der Bauausführungen.	unter 5000 Mk.	5000 bis 10000 Mk.	10000 bis 20000 Mk.	20000 bis 30000 Mk.	30000 bis 50000 Mk.	50000 bis 75000 Mk.	75000 bis 100000 Mk.	100000 bis 150000 Mk.	150000 bis 300000 Mk.	300000 bis 600000 Mk.	600000 bis 1,000000 Mk.
I. . .	5,0	4,7	4,35	4,0	3,8	3,4	3,1	2,85	2,6	2,2	2,0
II. . .	6,5	6,1	5,65	5,3	5,0	4,5	4,1	3,85	3,6	3,3	3,0
III. . .	8,0	7,4	6,7	6,25	6,0	5,5	5,1	4,85	4,6	4,3	4,0
IV. . .	9,5	9,1	8,5	8,0	7,75	7,1	6,6	6,3	6,0	5,5	5,0
V. . .	11,0	10,4	9,8	9,3	8,9	8,4	7,9	7,6	7,2	6,6	6,0
VI. . .	bis 5000	5000 bis 10000	10000 bis 20000	20000 bis 40000	40000 bis 60000	60000 bis 90000	90000 bis 120000	120000 bis 150000	150000 bis 200000	200000 bis 300000	
	15,0	13,45	12,0	10,7	9,4	8,2	7,1	6,15	5,3	4,55	

Bei höheren als den hier aufgeführten Bausummen soll der Procentsatz nach dem Gesetz der vorstehenden Tabelle weiter abgemindert werden.

§. 6, welcher zwei einander gegenüberstehende Seiten zu Tabellen erfordert, vergl. die Seiten 304 u. 305.

§ 7. Bedingungen, unter welchen die Honorar-Berechnung erfolgt.

a) So lange in den Anfängen einer der Bausummenstufen das Honorar, berechnet nach dem Procentsatze dieser Stufe, einen kleineren Betrag ergibt, als der Höchstbetrag des Honorars der vorhergehenden Stufe, berechnet nach deren Procentsatze, bildet dieser Höchstbetrag das Honorar.

b) Um- und Ausbauten sind, sobald ein besonderer Entwurf hierzu erforderlich ist, um ein Viertel höher, sobald kein Entwurf hierzu nöthig ist, um ein Viertel niedriger zu berechnen, als die Tabelle für Neubauten feststellt.

c) Umfasst ein Bauauftrag mehrere verschiedenen Classen angehörige Bauwerke, so darf das Honorar für ein jedes derselben, nach den Bauclassen getrennt, berechnet werden. Insbesondere dürfen Gegenstände der V. Bauclasse, wenn sie in dem ursprünglichen Entwurfe nicht vorgesehen und bei der Classifizirung desselben nicht berücksichtigt sind, getrennt nach der V. Bauclasse berechnet werden.

d) Umfasst ein Bauauftrag mehrere Gegenstände gleicher Art, so ist das Honorar für sämmtliche Gegenstände zu berechnen.

Digitized by Google

e) Die zur Aufstellung des Entwurfs erforderlichen Aufmessungen, Nivellements und Voruntersuchungen aller Art sind, falls nicht Anderes vereinbart, von dem Bauherrn zu liefern, event. besonders zu vergüten.

f) Verhandlungen über Grunderwerb sind ausserhalb des Honorars zu vergüten.

g) Die Anfertigung mehrerer Entwürfe für ein und dieselbe Bauaufgabe ist besonders zu honoriren, und zwar mit der Hälfte des bezüglichen Satzes (§. 6) für jeden zweiten oder ferneren Entwurf.

h) Die Honorarsätze sind unter der Annahme festgesetzt, dass die Bauausführung durch Uebernehmer geschieht; erfolgt dieselbe ganz oder theilweise in Regie, so erhöht sich der Honorarsatz für „Ausführung und Abrechnung" (§. 6) für den bezüglichen Theil der Anschlagsumme um die Hälfte.

i) Die Kosten des für die specielle Bauaufsicht erforderlichen Personales an Bauführern, Aufsehern und dergl., wie auch deren Bauaufwand hat der Bauherr zu tragen.

k) Ueberschreitungen des Kostenanschlages führen keine Erhöhung des Honorars herbei, dagegen sind die Kosten von Erweiterungen, sowohl nach constructiver als nach decorativer Seite, welche auf Veranlassung oder mit Einverständniss des Bauherrn geschehen, bei der Honorarberechnung zu berücksichtigen, event. gemäss der Bauclasse solcher Erweiterungsgegenstände.

l) Alle Zeichnungen bleiben geistiges Eigenthum des Architekten oder Ingenieurs; der Bauherr kann eine Copie des Entwurfs verlangen, darf diese aber ohne Genehmigung des Verfassers weder für sich, noch für Andere aufs Neue benutzen.

m) Abschlagszahlungen auf das Honorar sind in einer den bereits beschafften Leistungen entsprechenden Höhe während der Bauausführung auf Verlangen zu leisten.

n) Ausser der Honorirung durch den Bauherrn darf der Architekt oder Ingenieur keinerlei Bezüge durch Lieferanten oder Uebernehmer beanspruchen oder annehmen.

§. 8. Leistungen, welche nicht nach der Bausumme berechnet werden.

I. Für Consultationen, Correspondenzen, Berechnungen, Anfertigung einzelner Zeichnungen, schriftliche Gutachten, Inventuren, Brandschadentaxen, Rechnungsrevisionen und dergleichen, ohne Bauausführung.

Für die Stunde aufgewendeter Zeit wird berechnet:

1. in der Wohnung oder dem Geschäftslocale . . .	Mk. 4,00
2. ausserhalb derselben, aber am Wohnorte	« 5,00
3. für den Bauführer oder Hülfs-Ingenieur	« 2,00
4. für den Zeichner oder Schreiber	« 1,00

Bruchtheile von Stunden werden für volle Stunden gerechnet.

II. Für Reisen im Inlande, ohne Bauausführung.

Neben den Transportkosten für Personen und Gepäck werden berechnet:

1. für den Tag ohne Uebernachtung	Mk. 50,00
2. für den Tag mit Uebernachtung	« 60,00
3. für den Bauführer oder Hülfs-Ingenieur die Hälfte der vorstehenden Sätze.	

II. Für Reisen im Inlande, mit Bauausführung.

Wenn ein nach Massgabe der Honorartabelle zu vergütender Bauauftrag Reisen im Interesse dieses Baues oder dessen Ausführung erforderlich macht, so ist, neben dem nach der Anschlagssumme zu ermittelnden Honorar und den Transportkosten für Personen und Gepäck zu berechnen:

1. für den Tag ohne Uebernachtung	Mk. 10,00
2. für den Tag mit Uebernachtung	« 20,00
3. für den Bauführer oder Hülfs-Ingenieur die Hälfte der vorstehenden Sätze.	

Digitized by Google

§ 6. Honorar für die einzelnen Leistungen des Architekten oder Ingenieurs.

Das für die Gesammt-Leistungen angenommene Honorar vertheilt sich auf die einzelnen Leistungen nach der folgenden Tabelle, mit der Massgabe, dass für mehrere Einzelleistungen, welche zu demselben Auftrage gehören, die Procentsätze zusammen zu rechnen sind.

Bezeichnung der Leistung.	Betrag des Honorars in Procenten der Kostenanschlags-Summe bei einer Kostenanschlags-Summe von Mark										
	unter 5000	5000 bis 10000	10000 bis 20000	20000 bis 30000	30000 bis 50000	50000 bis 75000	75000 bis 100000	100000 bis 150000	150000 bis 300000	300000 bis 600000	600000 bis 1,000000
I. Bauclasse.											
Allgemeiner Entwurf, Skizze	0,7	0,6	0,5	0,5	0,5	0,4	0,3	0,3	0,3	0,25	0,2
Entwurf	1,0	1,0	0,95	0,85	0,8	0,7	0,65	0,5	0,6	0,4	0,4
Arbeitszeichnung und Details	1,0	1,0	0,95	0,85	0,8	0,7	0,6	0,55	0,55	0,5	0,4
Kostenanschlag	0,6	0,5	0,5	0,45	0,4	0,4	0,4	0,3	0,35	0,25	0,2
Ausführung	1,2	1,15	1,05	1,0	1,0	0,9	0,85	0,7	0,75	0,6	0,6
Abrechnung	0,5	0,45	0,4	0,35	0,3	0,3	0,3	0,25	0,3	0,2	0,2
Zusammen	5,0	4,7	4,35	4,0	3,8	3,4	3,1	2,85	2,6	2,2	2,0
II. Bauclasse.											
Allgemeiner Entwurf, Skizze	1,1	0,95	0,75	0,7	0,6	0,5	0,4	0,4	0,4	0,3	0,25
Entwurf	1,2	1,2	1,15	1,05	1,0	0,9	0,85	0,75	0,7	0,7	0,6
Arbeitszeichnung und Details	1,4	1,4	1,3	1,25	1,2	1,1	1,0	0,95	0,9	0,9	0,8
Kostenanschlag	0,7	0,6	0,6	0,55	0,5	0,5	0,4	0,4	0,35	0,3	0,25
Ausführung	1,6	1,55	1,45	1,35	1,3	1,2	1,15	1,05	1,0	0,9	0,9
Abrechnung	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,25	0,2	0,2
Zusammen	6,5	6,1	5,65	5,3	5,0	4,5	4,1	3,85	3,6	3,3	3,0
III. Bauclasse.											
Allgemeiner Entwurf, Skizze	1,4	1,2	0,9	0,75	0,7	0,6	0,5	0,45	0,4	0,4	0,3
Entwurf	1,4	1,4	1,3	1,25	1,2	1,1	1,05	1,0	0,9	0,85	0,8
Arbeitszeichnung und Details	2,0	1,95	1,85	1,75	1,7	1,6	1,5	1,45	1,4	1,4	1,3
Kostenanschlag	0,7	0,6	0,6	0,55	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,3	0,25
Ausführung	2,0	1,85	1,65	1,55	1,5	1,4	1,35	1,25	1,2	1,1	1,1
Abrechnung	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,25	0,25
Zusammen	8,0	7,4	6,7	6,25	6,0	5,5	5,1	4,85	4,6	4,3	4,0

IV. Bauclasse.

Allgemeiner Entwurf, Skizze	1,7	1,5	1,3	1,1	1,0	0,8	0,65	0,55	0,5	0,5	0,4
Entwurf	1,6	1,6	1,5	1,45	1,4	1,3	1,2	1,15	1,1	1,0	0,9
Arbeitszeichnung und Details	2,9	2,9	2,8	2,75	2,7	2,6	2,5	2,4	2,3	2,1	1,9
Kostenanschlag	0,7	0,6	0,6	0,55	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3
Ausführung	2,1	2,0	1,9	1,75	1,75	1,6	1,55	1,5	1,4	1,3	1,2
Abrechnung	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Zusammen	9,5	9,1	8,5	8,0	7,75	7,1	6,6	6,3	6,0	5,5	5,0

V. Bauclasse.

Allgemeiner Entwurf, Skizze	2,0	1,8	1,5	1,2	1,05	0,9	0,75	0,7	0,6	0,5	0,5
Entwurf	1,7	1,7	1,65	1,65	1,6	1,5	1,4	1,35	1,3	1,2	1,0
Arbeitszeichnung und Details	3,7	3,7	3,7	,65	3,6	3,5	3,35	3,25	3,1	2,9	2,6
Kostenanschlag	0,8	0,7	0,6	0,55	0,5	0,5	0,5	0,45	0,4	0,3	0,3
Ausführung	2,2	2,0	1,9	1,85	1,8	1,7	1,6	1,55	1,5	1,4	1,3
Abrechnung	0,6	0,5	0,45	0,4	0,35	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Zusammen	11,0	10,4	9,8	9,3	8,9	8,4	7,9	7,6	7,2	6,6	6,0

VI. Bauclasse. (Maschinentechnische Arbeiten.

	bis 5000	5000 bis 10000	10000 bis 20000	20000 bis 40000	40000 bis 60000	60000 bis 90000	90000 bis 120000	120000 bis 150000	150000 bis 200000	200000 bis 300000
Skizze und Kostenüberschlag	1,5	1,2	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3
General-Zeichnung	2,0	1,9	1,8	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,0
Detail-Zeichnungen	3,5	3,25	2,95	2,6	2,2	1,9	1,55	1,3	1,0	0,9
Special-Anschlag	1,0	0,8	0,75	0,7	0,6	0,5	0,45	0,35	0,3	0,25
Generelle Leitung der Aufstellung	1,0	1,0	0,9	0,8	0,7	0,7	0,6	0,6	0,5	0,5
Specielle Leitung der Aufstellung	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,1	1,8	1,6	1,4
Abrechnung	1,0	0,8	0,6	0,5	0,5	0,4	0,4	0,3	0,3	0,2
Zusammen	15,0	13,45	12,0	10,7	9,4	8,2	7,1	6,15	5,3	4,55

Digitized by Google

Zur gefl. Beachtung!

Die nachstehende Bezugsquellenliste für Eisenbahn- und Ingenieurbedarf, welche ein alphabetisch geordnetes Verzeichniss angesehener u. leistungsfähiger Firmen aller Branchen darstellt, empfehlen wir den Herren Interessenten zur gefl. Berücksichtigung bei Beschaffung, Lieferung u. Vergebung von

Eisenbahn-, Bau- und Betriebs-Material.
Wasser-Versorgung. f. Bahnhöfe, Städte etc.
Bahnhofs- und Strecken-Ausrüstungen.
Werkzeugmaschinen, Werkzeugen, Werkstättenbedarf, Schmiermitteln etc.
Eisen-Construktionen, Wellblech- und Brückenbauten, Hallen, Dächern etc.
Sicherungswerken, Weichen, Signalen und Stellwerks-Anlagen.
Telegraphen-Material und Apparaten.
Hebezeugen, Krahnen, Waagen u. anderen mechanischen Hilfsmitteln.
Betriebs - Dampfmaschinen, Kesseln, Motoren, Pumpen, Armaturen etc.
Feld-, Industrie- u. Kleinbahn-Anlagen.
Strassenbau- u. Erhaltungs-Arbeiten.
Canal-, Tunnel-, Brücken- u. Wasserbauten.
Cement-, und Cementwaaren etc.
Beton-Bau-Ausführungen.
Baumaschinen, Strassenbau- u. Erhaltungsmaschinen u. Materialien.
Beleuchtungs-Anlagen f. Gas u. Electricität.
Mess-Instrumenten, Zeichnen- und Bureaubedarf.

Digitized by

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Conversion of French & German Run-off units into English units

1 cub. meter = 1000 liter = 35.3105 cft

1 □ Kilom. { = 0.386076 □ mile } = 247.086 acres
{ = 100 hectares }

1 cbm/□ Kilom. { = 91.461 cft/□ mile
{ = 0.14291 cft/acre.

1 cbm/hectare { = 9146.1 cft/□ mile
{ = 14.291 cft/acre

1 liter/□ Kilom. { = 0.091461 cft/□ mile
{ = 0.00014291 cft/acre

1 liter/hectare { = 9.1461 cft/□ mile
{ = 0.014291 cft/acre.

log. 91.461 = 1.9612360
" 0.14291 = −1.1550558.

1,000,000 cbm = 35,315,600 cft = 264,179,000 U.S. gals
1,000,000 cft = 28,316.1 cbm = 7,480,520 gals
1,000,000 gals = 133,681. cft = 3,785.3 cbm

1 cbm per Kilometer (lineal) = 56.834 cft/mile
1 cbm = 35.3156 cft ‖ 1 Kil. = 0.62138 mile

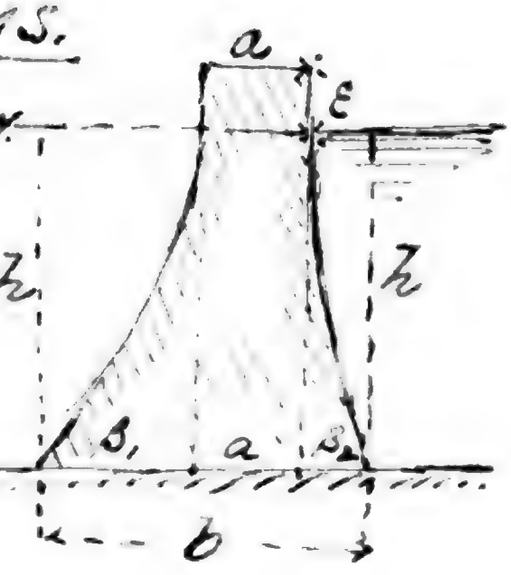
A depth of rainfall or Runoff of 1 in. on a square mile of surface per year is equal to :-

$$\left(\frac{5280 \cdot 5280}{365 \cdot 86400} \cdot \frac{1}{12}\right) = 0.0737 \frac{\text{cft/}}{\square\text{mile/sec}}$$

Digitized by Google

High Masonry Dams.

Not Subject to Overflow.



For measures in meters

$a = 0.1h + 1.5$

$B_2 = 0.2h$

$B_1 = 0.15h + 0.01h^2$

$b = 0.01h^2 + 0.45h + 1.5$

Volume in Cub. meters per lin. meter = V =

$$V = \frac{h}{300}\left(h^2 + 68h + 475\right).$$

For measures in Feet the above becomes:

$a = 0.1h + 4.92$

$B_2 = 0.2h$

$B_1 = 0.15h + 0.003048h^2$

$b = 0.003048h^2 + 0.45h + 4.92$

$$V = \frac{h}{300}\left(0.3048h^2 + 68h + 1623.6\right) \frac{\text{cu ft}}{\text{lin ft.}}$$

or

$$V_c = \frac{h}{8100}\left(0.3048h^2 + 68h + 1623.6\right) \frac{\text{cu yd}}{\text{lin ft.}}$$

From these latter expressions we get:—

h ft.	a ft.	b ft.	V_c cu yds.
10	5.92	9.725	2.882
20	6.92	15.139	7.768
30	7.92	21.163	14.586
40	8.92	27.797	23.860
50	9.92	35.040	35.715
60	10.92	42.893	50.376
70	11.92	51.355	68.075
80	12.92	60.427	89.032
90	13.92	70.109	113.472
100	14.92	80.400	141.625

For observation of Currents and velocities on bottom or sides of water courses or channels, we may use with success:—

1). Saturated pine sawdust, whose Specif. gravity is only a trifle more than water $\gamma_1 = 1.03$ to 1.05

2). Poppy Seed.

3). Fine needles stuck in bottom or sides with threads of colored silk or cotton.

4). Pieces of slowly soluble aniline dye.

Stop Watches, "Nickel Timers". Swiss make, imported by A. Wittnauer, 9 Maiden lane, N.Y. Cost $6.75 each. Used on Canal Survey 1900. Under date of 11/pr. 11/1901, Mr. A. Wittnauer, says that he makes them. Has a branch house at Geneva. Switz.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

n dieser Tasche befinden sich Muster der Specialitäten von Zeichenpapier der Firma:

Carl Schleicher & Schüll in Düren.

Digitized by Google

Digitized by Google